

NEOTEN
نيوتن
ElRakY
الفيزياء
كتاب الشرح
الصف الثانى الثانوى
عام / أزهر
الفصل الدراسى الأول
إعداد
يحيى محمد عبدالسلام
مراجعة
محمد إبراهيم عبدالله
محمد رشوان عبداللطيف
محمود عسكر
الإشراف العام
أشرف شاهين

مقدمة

يسعد مؤسسة الراقي أن تقدم لكم **«نيوتن فى شرح وتدريبات الفيزياء»** والذى يتكون من جزأين داخليين جزء الشرح ثم جزء التدريبات والاختبارات والذى يتميز بالآتى:

١- شرح مفصل لكل نقاط كل درس مع التركيز على النقاط الفنية التى يمكن أن تكون موضع سؤال.

٢- عدد كبير من الأمثلة التطبيقية على النقاط المختلفة متوافقة مع النظام الحديث مع حلها بشكل توضيحى مميز.

٣- كم كبير ومميز من التدريبات على كل درس تشمل جميع المستويات.

٤- مجموعة من الاختبارات الرائعة التي تضع الطالب أمام صورة الامتحان.

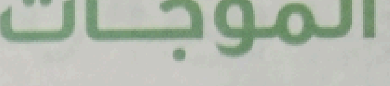
وقد حرصنا على ألا يكون الكتاب مجرد كتاب يساعد الطالب على النجاح فى هذه السنة الدراسية، لكن حرصنا على أن يساعد الطالب فى فهم المادة والتفوق فيها ووضع القاعدة الصلبة له التى تعينه على التفوق فى السنوات القادمة والتميز فى التعامل مع نظام الأسئلة الحديث وصولاً لتحقيق التفوق المنشود فى كل سنوات الدراسة انتهاءً بالثانوية العامة.. ونحن نتمنى ونحن نقدم هذا الكتاب أن يكون خير معين لطلابنا ومعلمينا.

مع خالص تحياتنا للجميع

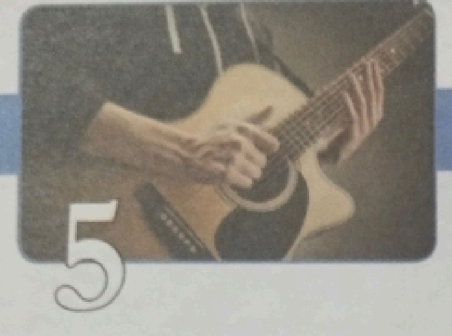
مؤسسة الراقى

المحتويات

الوحدة الأولى



الفصل 1 الحركـة الموجيـة

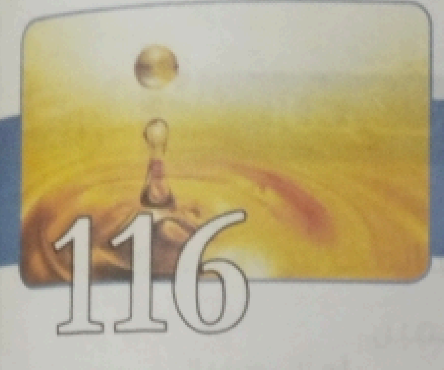


الفصل 2 الضـــوء



المحتويات

الوحدة الثانية خــواص الموائــع



الفصل 3 خواص الموائع المتحركة

الوحدة الأولى

الموجــــات



الفصل 1 الحركة الموجية

نواتج التعلم المتوقعة

فى نهاية الفصل الاول تكون قادر على أن:

يتعرف أنواع الموجات وتأثيرها فى حياتنا.. كموجات الراديو والتليفزيون والأشعة السينية وغيرها... والتى لها أهمية فى الإرسال والاستقبال والتشخيص الطبى وكثير من التطبيقات.

الدرس الأول

- الحركة الاهتزازية

الدرس الثانى

- الحركة الموجية

الفصل

1

الدرس الأول

الحركة الاهتزازية

درست فى الصف الأول الثانوى أنواع الحركة وعرفت أنها نوعان:

1. **حركة انتقالية** (لها نقطة بداية ولها نقطة نهاية).
2. **حركة دورية** (تكرر نفسها على فترات زمنية متساوية وليس لها نقطة بداية ولا نقطة نهاية).

وهذه الحركة الدورية قد تكون:

- حركة دائرية (ودرست مثالا لها وهو حركة الأقمار الصناعية حول الأرض).
- حركة اهتزازية (وهى ما سندرسه هذا العام).

أولا مقدمة عن الموجات

بعض الناس يجد متعته فى الجلوس على شاطئ بحيرة أو بركة ويلقى من آن لآخر حصاة صغيرة فيكون تصادم كل حصاة بمثابة مصدر اضطراب ينتشر فوق سطح الماء على شكل دوائر منتظمة مركزها موضع سقوط الحصاة (شكل ١) وهو ما اصطلحنا على تسميته بالموجات.

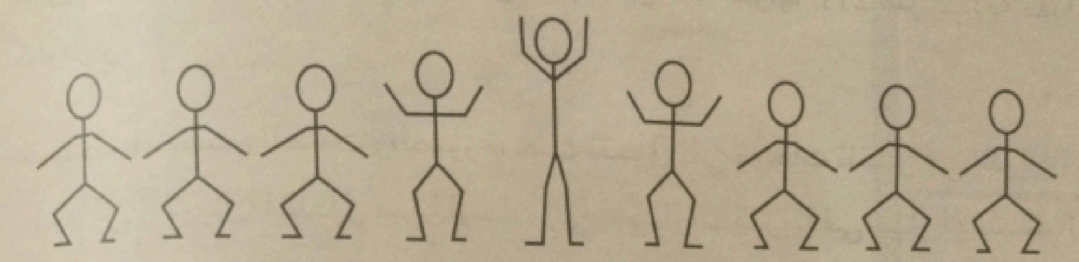


شكل (1)



فكرة وتطبيق

عند حدوث الموجة تنتقل الطاقة ولا تنتقل المادة.



جمهور الكرة فى المدرجات يمكنه تنفيذ شكل الموجة عن طريق نقل الاضطراب بين المشجعين بدون أن ينتقل أى منهم من مكانه، وكل المطلوب فقط هو أن يضطرب كل منهم فى مكانه، حيث يقوم ويجلس (يهتز حول موضع سكونه) ثم ينتقل هذا الاضطراب بينهم فنحصل على الموجة، وبالتالى فى الموجات لا تنتقل الجزيئات وإنما ينتقل الاضطراب (الطاقة) وتكتفى الجزيئات بالاهتزاز حول موضع سكونها.

مثال محلول ١

عند حدوث الزلازل: فإن الذى ينتقل هو............

(أ) المادة

(ب) الجسيمات

(ج) الطاقة

(د) الجسيمات والطاقة

الحل

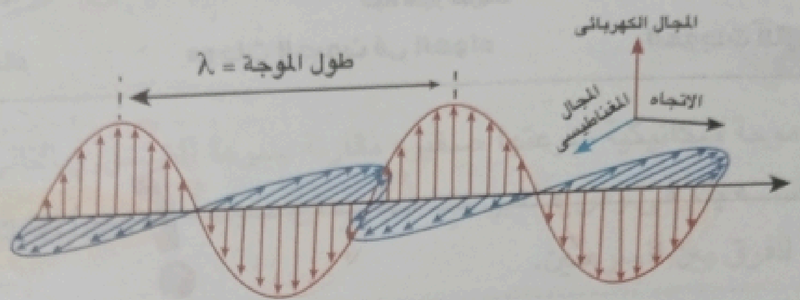
إذا تأملنا الموجات الزلزالية: فنجد أن الموجات الزلزالية المدمرة تنتقل بعيدا عن بؤرة الزلزال عبر الأرض ناقلة الاهتزازات والطاقة ومع ذلك فإن المادة التى تنتقل من خلالها الموجات لا تنتقل.

الإجابة الصحيحة (ج)

ثانيا أنواع الموجات

الموجات الكهرومغناطيسية

تنشأ من اهتزاز مجالين (كهربى ومغناطيسي) متعامدين على بعضهما ومتعامدين على اتجاه انتشار الموجة ولا تحتاج إلى وسط مادى لإنتشارها.



من أمثلة الموجات الكهرومغناطيسية:
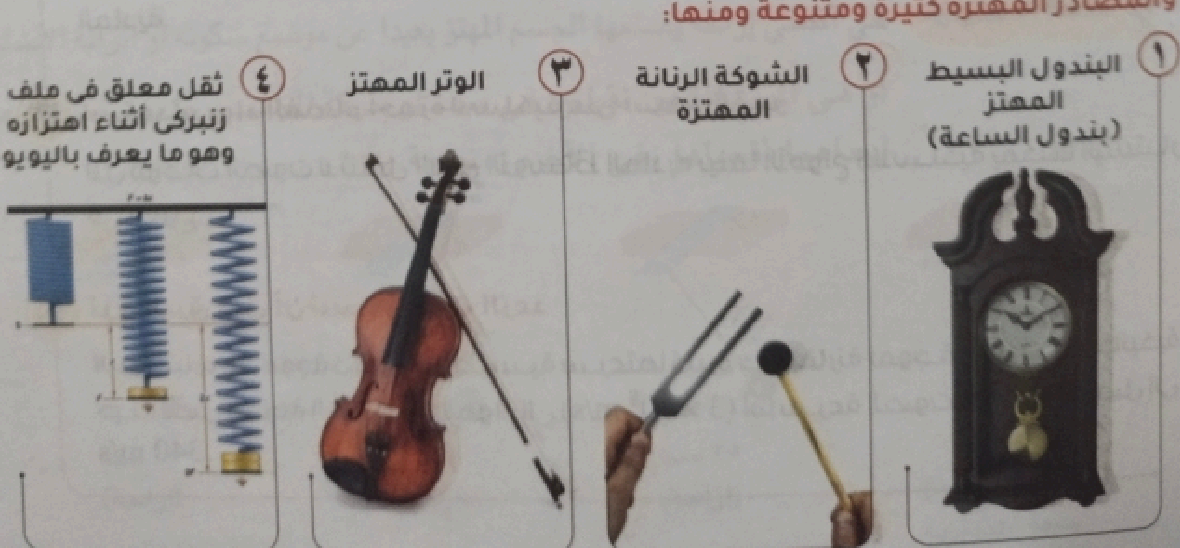
الضوء - الراديو - الأشـعه السينية - أشـعة جاما - الأشعه تحت الحمراء - الأشعه الفوق بنفسيجية - اللاسلكي.

الموجات الميكانيكية

تتطلب الموجات الميكانيكية:

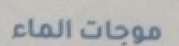
1. وجود مصدر مهتز.
2. حدوث اضطراب ينتقل من المصدر إلى الوسط المحيط.
3. وجود وسط مادى ينتقل الاضطراب خلاله.

والمصادر المهتزة كثيرة ومتنوعة ومنها:



من أمثلة الموجات الميكانيكية





موجات الماء — موجات الصوت فى الهواء — الموجات التى تحدث فى وتر

ملاحظات هامة

١ انتقال الصوت والضوء عبر الأوساط المادية

الموجات الكهرومغناطيسية تنشأ من اهتزاز مجال كهربى فيتولد عنه مجال مغناطيسى مهتز (متردد)، والمجال المغناطيسى المتردد يتولد عنه مجال كهربى متردد، وهكذا. وبذلك فإن كل من المجالين يولد المجال الآخر فلا تحتاج تلك الموجات الكهرومغناطيسية لوسط مادى لتنتقل عبر جزيئاته بينما الموجات الميكانيكية تحتاج لوسط لتنتقل خلاله عن طريق اهتزاز جزيئات الوسط.

٢ نرى ضوء الشمس ولا نسمع صوت انفجاراتها واندماجاتها النووية الهائلة

لأن المسافة بين الأرض والشمس فراغ وموجات الصوت ميكانيكية يلزم لها وسط مادى تنتشر خلاله ولاتنتشر فى الفراغ. أما الضوء موجات كهرومغناطيسية تنتقل فى الفراغ والأوساط المادية.

٣ إستخدام رواد الفضاء أجهزة لاسلكية على سطح القمر

لأن موجات الصوت لا تنتقل الا فى الأوساط الماديه بينما الأمواج اللاسلكية يمكنها الإنتشار فى الفراغ.

٤ نرى البرق قبل أن نسمع صوت الرعد

البرق عباره عن موجة كهرومغناطيسية سرعتها كبيرة جدا مقارنة بموجة الصوت الميكانيكية حيث تصل سرعة الضوء فى الهواء إلى $(3 \times 10^8\ m/s)$ أما سرعة الصوت فى الهواء تصل إلى $340\ m/s$.

مثال محلول (١)

إذا شاهدت حطابا يضرب بفاسه فى الحطب تكون النسبة بين الفتره الزمنية بين سماع صوت فاسه فى الحطب وبين رؤيته وهو يضرب الحطب .... الواحد الصحيح.

(أ) أكبر من (ب) أقل من (جـ) يساوى (د) لا توجد معلومات كافية

الحل

الصوت موجة ميكانيكية سرعتها صغيره مقارنة بسرعة الضوء وبالتالى رؤية الرجل وهو يضرب بفأسه يتم فى زمن صغير جدا أما سماع صوت الفأس فى الحطب يستغرق وقت أكبر نظرا للفرق بين السرعتين.

الإجابة الصحيحة (أ)

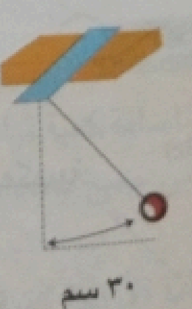
مما سبق ومن مفهوم الموجة يتضح أن الموجة عبارة عن مجموعة من الحركات الاهتزازية متتاغمة مع بعضها البعض لتكون الموجة، ولذلك كان لا بد قبل دراسة الموجات أن نتعرف على الحركة الاهتزازية وأهم المصطلحات المتعلقة به.

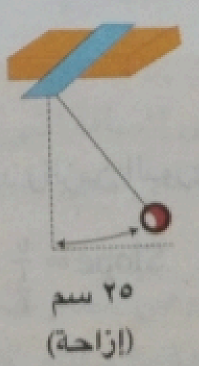
ثالثا الحركة الاهتزازية

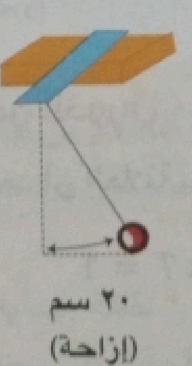
يرتبط بمفهوم الحركة الاهتزازية بعض الكميات الفيزيائية الضرورية مثل :

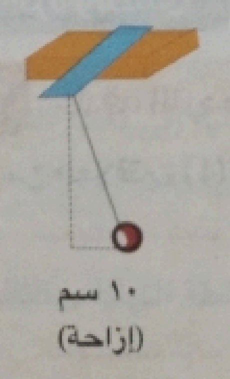
الإزاحة هى بعد الجسم المهتز فى أى لحظة عن موضع سكونه أو اتزانه الأصلى. وهى كمية متجهة وتقاس بوحدة المتر (m).

سعة الاهتزازة هى أقصى إزاحة يصنعها الجسم المهتز بعيدا عن موضع سكونه أو اتزانه الأصلى.
أو هى المسافة بين نقطتين فى مسار حركة الجسم تكون سرعته عند إحداهما أقصاها وفى الأخرى منعدمة.

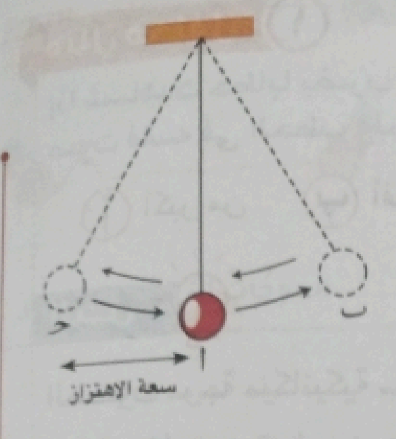

٣٠ سم
(أقصى إزاحة)
سعة اهتزازية


٢٥ سم
(إزاحة)


٢٠ سم
(إزاحة)


١٠ سم
(إزاحة)

الاهتزازة الكاملة



هى الحركة التى يحدثها الجسم المهتز فى الفترة الزمنية التى تمضى بين مروره بنقطة واحدة فى مسار حركته مرتين متتاليتين وفى نفس الاتجاه وتكون المسافة التى يتحركها الجسم خلال اهتزازة كاملة مساوية (4 × سعة الاهتزازة)، وبالتالى إذا افترضنا أن الجسم بدأ الحركة من نقطة (أ) ويتحرك إلى اليمين فيكون مساره ليكمل دوره كاملة هو:

(أ ← ب ← أ ← جـ ← أ)

التردد

هو عدد الاهتزازات الكاملة التى يحدثها الجسم المهتز فى الثانية الواحدة.

ويقاس بوحدات:
هرتز (Hz) أو اهتزازة / ثانية
أو (ث$^{-1}$) S^{-1}

$$\upsilon = \frac{N}{t} \longrightarrow (1)$$

الزمن الدورى

هو الزمن الذى يستغرقه الجسم المهتز لعمل دوره كاملة ويقاس بالثانية.

$$T = \frac{t}{N} \longrightarrow (2)$$

فكرة وتطبيق

1 علاقة التردد والزمن الدورى

من العلاقتين (1) و(2) نجد أن العلاقة بين التردد والزمن الدورى علاقة عكسية:

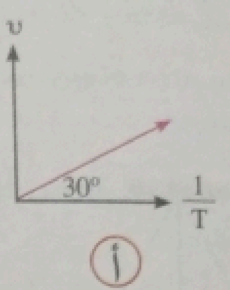
$$\text{Slope} = \frac{\upsilon}{\frac{1}{T}} = \upsilon \times T = 1$$

υ (Hz)

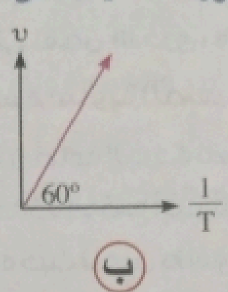
$\frac{1}{T}$ (s^{-1})

مثال محلول (١)

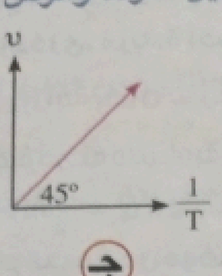
اى الأشكال البيانية الآتية يعبر بصوره صحيحة عن العلاقة بين التردد والزمن الدورى:



(أ)



(ب)



(جـ)

الحل

ميل العلاقة بين التردد والزمن الدورى = 1

$\tan(45) = 1$

فتكون الإجابة هى (ج)

2 الفرق بين الإزاحة وسعة الاهتزازة

الإزاحة

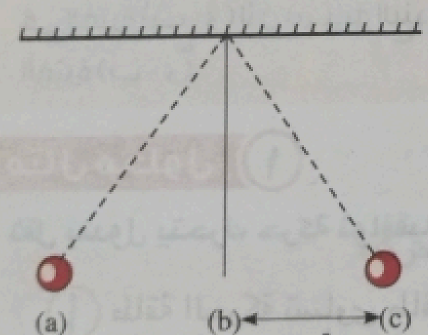
هى كمية متجهة وتقاس بوحدة المتر (m).

سعة الاهتزازة

كمية قياسية تقاس بالمتر.

مثال محلول (١)

إذا تحرك الجسم المهتز من نقطة a إلى b ثم إلى c وعاد مرة أخرى إلى نقطة a.



١- تكون المسافة التى قطعها الجسم .... سم.

(أ) 5 (ب) 10 (جـ) 15 (د) 20

٢- تكون الإزاحة التى قطعها الجسم .... سم.

(أ) 20 (ب) 10 (جـ) 15 (د) صفر

الحل

١- المسافة كمية قياسية وهى المسافة التى يقطعها الجسم من نقطة البداية إلى نقطة النهاية فى جميع الإتجاهات وبالتالى تكون المسافة هى مجموع 4 سعة اهتزازة وتساوى 20 سم.

الإجابة الصحيحة (د)

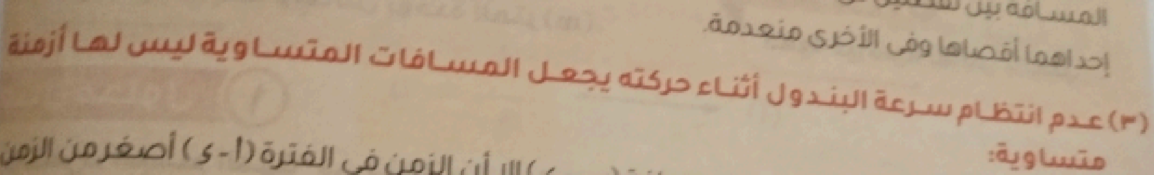
٢- أما الإزاحة كمية متجهة وهى أقصر مســافة من نقطة البداية إلى نقطة النهاية وبالتالى عندما يعود لجسم إلى موضع بدايته تكون الإزاحة تساوى صفر. الإجابة الصحيحة (د)

3 طاقتى الوضع والحركة

يظل مجموع طاقتى الوضع والحركة للبندول دائماً مقداراً ثابتاً، ولذلك تتغير قيمة كل منهما بالتبادل مع الأخرى، فزيادة أحدهما تعنى نقص الأخرى، والعكس.

(١) عند أقصى إزاحة تكون سرعة الجسم مساوية للصفر وبالتالى:
تكون طاقة حركته مساوية للصفر لأن طاقة الحركة تتعين من العلاقة $KE = \frac{1}{2}mv^2$ ولكن تكون طاقة الوضع أكبر ما يمكن نظراً لإرتفاع الجسم عن موضع سكونه حيث تتعين طاقة الوضع من العلاقة $PE = mgh$ وبالتالى عند النقطتين ب، ج تكون طاقة الحركة صفر وطاقة الوضع أكبر ما يمكن.

(٢) عند موضع السكون تكون سرعة الجسم أقصاها وبالتالى طاقة الحركة أقصاها (عند النقطة أ) أما طاقة الوضع تكون أصغر ما يمكن، ولذلك أصبح من الممكن تعريف سعة الاهتزازة بأنها هى المسافة بين نقطتين فى مسار حركة الجسم تكون سرعته عند إحداهما أقصاها وفى الأخرى منعدمة.



(٣) عدم انتظام سرعة البندول أثناء حركته يجعل المسافات المتساوية ليس لها أزمنة متساوية:
فبالرغم أن المسافة (أ - ى) تساوى المسافة (ب - ى) إلا أن الزمن فى الفترة (أ - ى) أصغر من الزمن فى الفترة (ب - ى) لأن سرعة البندول المتوسطة فى الفترة (أ - ى) أكبر من سرعته المتوسطة فى الفترة (ب - ى).

مثال محلول (١)

ثقل بندول يتحرك حركة توافقية بسيطة، تكون الإزاحة أكبر ما يمكن عندما ....

(أ) طاقة الحركة تساوى طاقة الوضع
(ب) طاقة الوضع صفر
(جـ) السرعة أقصى ما يمكن
(د) طاقة الحركة منعدمه



الحل

إزاحة الجسم تكون أكبر ما يمكن عندما يكمل سعة اهتزازة وبالتالى تكون عندها سرعة الجسم تساوى صفر أى أن طاقة الحركة = صفر.

الإجابة الصحيحة (د)

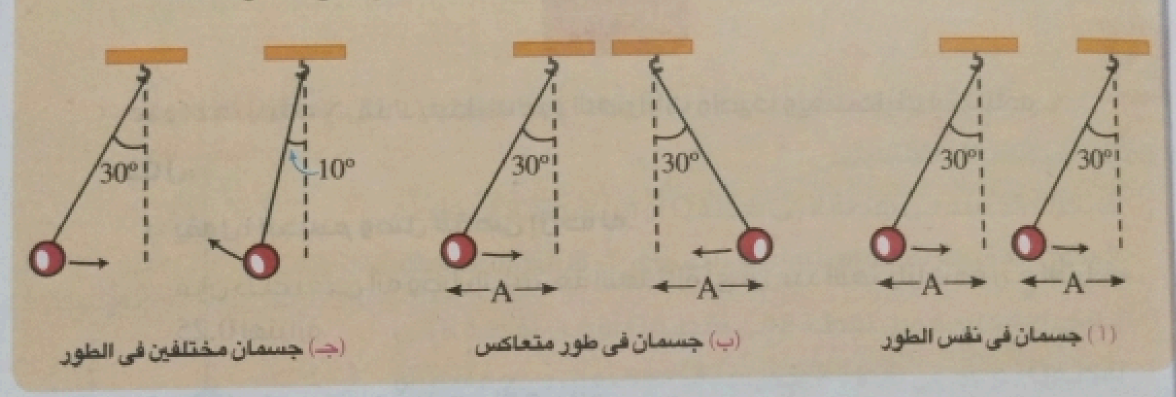
4 فرق الطور بين نقطتين

الطور يعبر عن موضع واتجاه الجسم فى لحظة معينة

قد يكون جسمان مهتزان لهم نفس التردد والسعة ولكن يكونا مختلفين فى الطور لاختلاف الموضع أو الاتجاه.

(١) يكون الجسمان فى نفس الطور إذا بدءا الحركة من نفس النقطة ويتحركان فى نفس الإتجاه فى نفس الزمن.

(٢) يكون الجسمان فى طور متعاكس إذا تحركا فى اتجاهين متضادين فى نفس اللحظة.

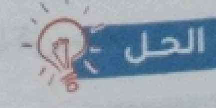


(أ) جسمان فى نفس الطور — (ب) جسمان فى طور متعاكس — (جـ) جسمان مختلفين فى الطور

مثال محلول (١)

جسمان يتحركان حركة توافقية بسيطة، من المستحيل أن يظلا متفقان فى الطور إذا اختلف ....

(أ) الكتلة
(ب) الزمن الدوري
(جـ) سعة الاهتزازة
(د) أقصى طاقة الحركة



الزمن اللازم لوصول الإزاحة من الصفر للقيمة العظمى (أو العكس) هو ربع الزمن الدورى وبالتالى فاختلاف الزمن الدورى سيؤدى لاختلاف زمن الوصول للقيمة العظمى فيحدث اختلاف فى الطور.

الإجابة الصحيحة (ب)

رابعا أفكار المسائل Open book

1 ١- قوانين مباشرة:

$$T = \frac{t}{N} = \frac{1}{\upsilon} \longrightarrow (1)$$

$$\upsilon = \frac{N}{t} = \frac{1}{T} \longrightarrow (2)$$

$$\upsilon = \frac{1}{T}$$

٢- **عدد الاهتزازات N:** قد لا يعطيك عدد الاهتزازات واضحا ويجب عليك استنتاجه.

مثال:

١- يقول: الجسم وصل لأقصى إزاحة له.

فإن ذلك يعنى أنه وصل إلى سعة الاهتزازة أى أن عدد الاهتزازات هو ربع اهتزازة = 0.25 اهتزازة.

٢- يقول: احسب زمن سعة الاهتزازة.

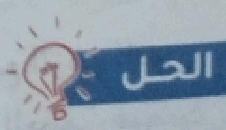
فإن ذلك يعنى احسب زمن ربع اهتزازة أى أن عدد الاهتزازات هو ربع اهتزازة = 0.25 اهتزازة.

٣- يقول: يعود الجسم لنفس موضعه السابق.

فإن ذلك يعنى أن عدد الاهتزازات هو اهتزازة كاملة = 1 .

مثال محلول (١)

جسم يتذبذب يمينا ويسارا بتردد 60 هرتز كم عدد الدورات التى يحدثها فى ساعة.



$$t = 1 \times 60 \times 60 = 3600\ sec$$

$$N = \upsilon \times t$$

$$N = 60 \times 3600 = 216000\ Cycle$$

مثال محلول (٢)

جسم يتذبذب على سطح الماء بتردد 0.25 HZ ما الزمن الذى يستغرقه الجسم لعمل نصف ذبذبة.

الحل

$$0.25 = \frac{1}{T} \qquad \upsilon = \frac{1}{T}$$

$$T = 4 \text{ sec}$$

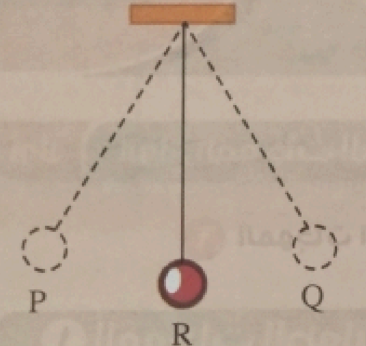
الزمن اللازم لعمل نصف ذبذبة يساوى نصف الزمن الدورى.

$$t = \frac{T}{2} = \frac{4}{2} = 2\, sec$$

2 رسومات البندول

لا بد أن يتعرف الطالب على عدد الدورات أو الاهتزازات التى يحدثها البندول.

فمثلا: فى الشكل المقابل:



(١) إذا تحرك الجسم من نقطة R إلى نقطة Q أو من نقطة R إلى نقطة P يكون قد قطع سعة اهتزازة وهى تساوى $\frac{1}{4}$ الاهتزازة الكامله.

(٢) إذا تحرك الجسم من نقطة P إلى نقطة Q أو من نقطة R إلى نقطة Q ثم عاد إلى نقطة R يكون قد قطع ضعف سعة اهتزازة وهى تساوى نصف الاهتزازة الكاملة.

(٣) إذا تحرك الجسم من نقطة R إلى نقطة Q ثم إلى نقطة R ثم إلى نقطة P ثم عاد مرة أخرى إلى نقطة R يكون قد قطع 4 أمثال سعة اهتزازة وهى اهتزازة كاملة.

مثال محلول (١)

فى الشكل المقابل:

(a) (b) (c) 5 سم

إذا تحرك الجسم المهتز من نقطة a إلى نقطة c فى زمن $\frac{1}{100}$ s ،
احسب كلا من التردد والزمن الدورى وسعة الاهتزازة.

الحل



المعطيات: زمن نصف دورة من a إلى c

$$\upsilon = \frac{N}{t} = \frac{0.5}{\frac{1}{100}} = 50\, HZ$$

$$T = \frac{1}{\upsilon} = \frac{1}{50} = 2 \times 10^{-2}\, s$$

$$A = 5 \text{ cm}$$



الحركة الموجية

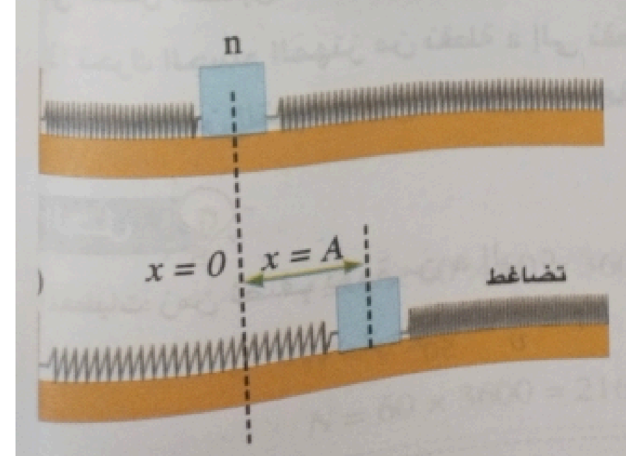
أولا أنواع الموجات الميكانيكية

١ الموجات الطولية　　٢ الموجات المستعرضة

١ الموجات الطولية

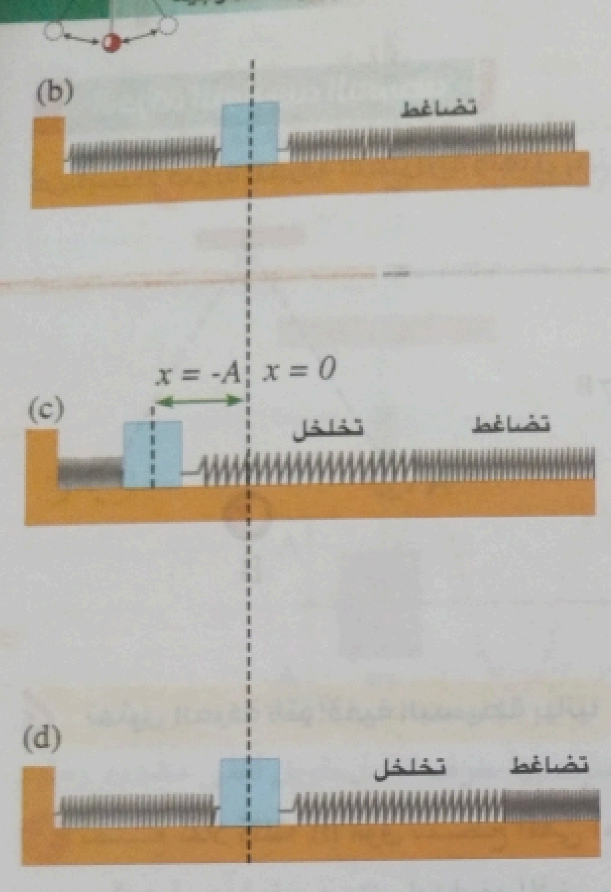
هى الموجات التى تهتز فيها جزيئات الوسط حول موضع اتزانها فى نفس اتجاه انتشار الحركة الموجية وتتكون من تضاغطات وتخلخلات.

تجربة لتوضيحها:



١ نتصور كتلة (m) فوق سطح افقى املس مثبتة من أحد طرفيها فى زنبرك والطرف الاخر مثبت فى حائط رأسى.

٢ إذا جذبنا الكتلة m جهة اليمين فى اتجاه محور الزنبرك إلى الموضع $(x = A)$ فإن جزءا من الزنبرك على يمين A ينضغط.



③ وهذا التضاغط يؤثر بقوة على الزنبرك جهة اليمين، ويعمل ذلك على ضغط حلقاته بصورة متتابعة، وهكذا ينتقل التضاغط تبعا إلى جهة اليمين.

④ عند تحرك الكتلة m إلى الموضع (x = - A) فإن الزنبرك على يمين الكتلة يستطيل وتتباعد حلقاته محدثة نوعا من الخلخلة، وهذا التخلخل سرعان ما ينتشر جهة اليمين عبر الزنبرك عندما تعود الكتلة m إلى وضع الاستقرار (x=0) مرة اخرى.

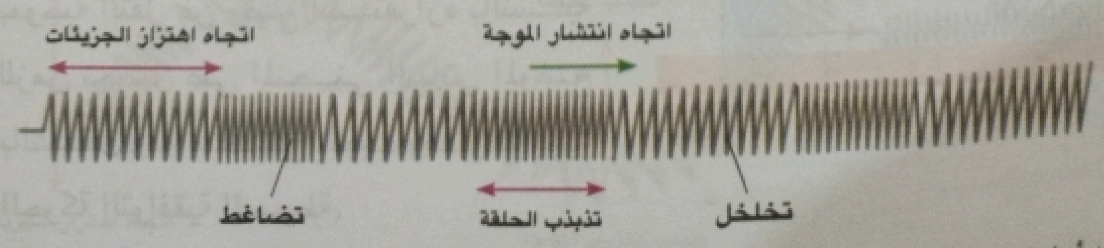
⑤ تمثل هذه المجموعة من التضاغطات والتخلخلات (فى الزنبرك الايمن) موجة ناشئة عن تذبذب جسيمات الوسط (الذى يمثله هنا الزنبرك) فى حركة توافقية بسيطة ولكن هنا اتجاه انتشار الموجة هو نفسه اتجاه انتقال الاضطراب.

* وتسمى هذه الموجة بالموجة الطولية. حيث تنتقل التضاغطات والتخلخلات على طول الزنبرك

◀ **التضاغط:** هو الموضع الذى تتقارب فيه جزيئات الوسط من بعضها إلى أقصى ما يمكن.

◀ **التخلخل:** هو الموضع الذى تتباعد فيه جزيئات الوسط عن بعضها إلى أقصى ما يمكن.

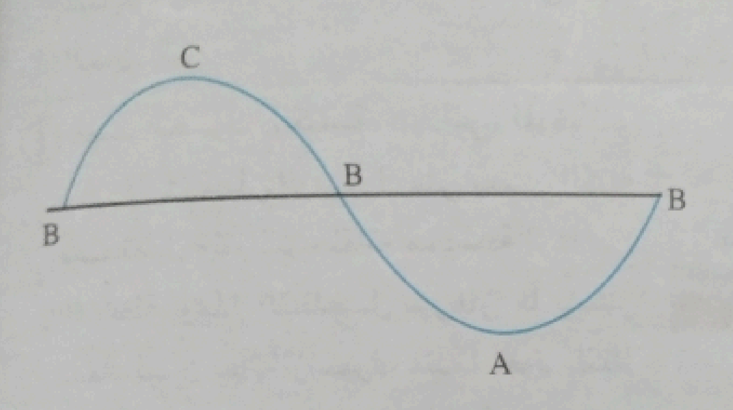
والشكل يوضح ملف زنبركى تم توليد موجة اهتزازية به، ومن الواضح اهتزاز الجزيئات فى نفس اتجاه انتشار الموجة.

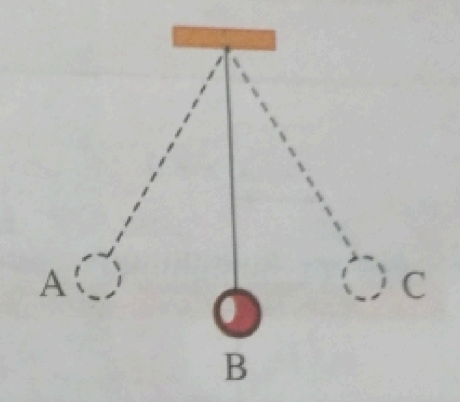


◀ ومن أمثلة الموجات الطولية: (الصوت فى الهواء)

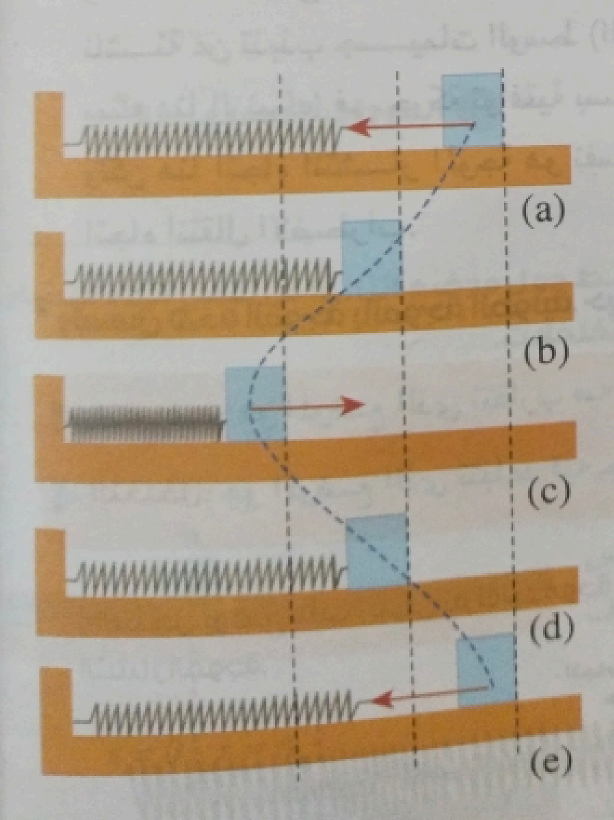
الحركة التوافقية البسيطة

هى أبسط صورة للحركة الاهتزازية وتمثل بمنحنى جيبى





تمثيل الحركة التوافقية البسيطة بيانيا



١ نضع ثقلا كتلته m فوق سطح أفقى أملس ومثبت أحد طرفيه بزنبرك طرفه الآخر مثبت فى حائط رأسى.

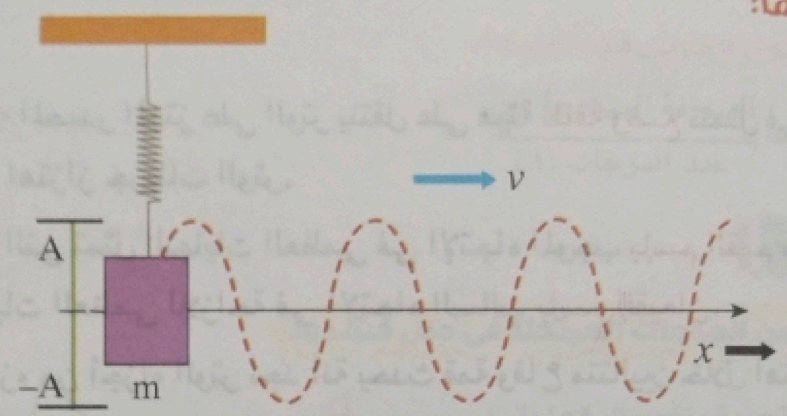
٢ نجذب الثقل فى اتجاه محور الزنبرك ثم نتركه، نجد أنه يتحرك حول موضع استقراره حركة ترددية نحو الزنبرك وبعيدا عنه وتسمى الحركة التوافقية البسيطة.

٣ إذا رسمنا المنحنى البيانى الذى يتحرك بموجبه الثقل عن وضع استقراره بالنسبة للزمن نحصل على المنحنى البيانى الموضح بالشكل وهو منحنى الجيب وهو ما يميز الحركة التوافقية البسيطة.

٢ الموجات المستعرضة

هى الموجات التى تهتز فيها جزيئات الوسط حول موضع اتزانها فى اتجاه عمودى على اتجاه انتشار الحركة الموجية وتتكون من قمم وقيعان.

تجربة لتوضيحها:

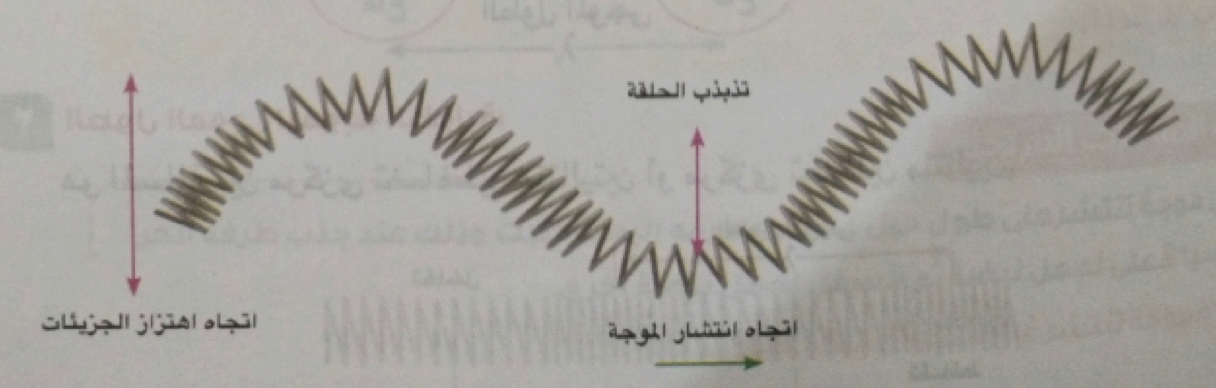


١ إذا تصورنا كتلة m مثبتة فى زنبرك رأسى ومثبت بها طرف حبل طويل أفقى مشدود ومثبت طرفه البعيد فى حائط رأسى.

٢ عندما تعمل الكتلة m حركة توافقية بسيطة فى الاتجاه الرأسى فإن طرف الحبل المثبت يقوم بنفس الحركة، ثم تتذبذب الأجزاء التى تلى طرف الحبل بنفس الحركة بصورة متتابعة.

٣ هكذا تنتقل الحركة على طول الحبل على هيئة موجة فى اتجاه أفقى بسرعة v، بينما تتحرك أجزاء الحبل حركة توافقية بسيطة فى اتجاه رأسى (عمودى على اتجاه انتشار الموجة) وتسمى هذه الموجة بالموجة المستعرضة.

والشكل يوضح ملف زنبركى تم تحريكه لأعلى ولأسفل كما بالشكل ومن الواضح اهتزاز الجزيئات فى اتجاه عمودى على اتجاه انتشار الموجة.



وكما نرى:

عندما يهتز المصدر بطريقة معينة، فإن جزيئات الوسط المحيط به تهتز بنفس الكيفية إذ ينتقل الاهتزاز أولا من المصدر المهتز إلى جزيئات الوسط الملامسة له أو المتصلة به، ومنها إلى جزيئات الوسـط التى تليها، وهكذا ينتشر الاضطراب (الاهتزاز) فى الوسط على هيئة حركة موجية ناقلة الطاقة فى نفس اتجاه انتشارها.

وبديهى أن:

- الشغل الذى يبذله المصدر المهتز على الوتر ينتقل على هيئة طاقة وضع تتمثل فى شد الوتر وطاقة حركة تتمثل فى اهتزاز جزيئات الوتر.
- وتسمـى النقط التى تمثل النهايات العظمى فى الإتجاه الموجب بإسم القمم بينما تسمى النقط التى تمثل النهايات العظمى للإزاحة فى الإتجاه السالب بإسم القيعان.
- وبملاحظة أى جزء من أجزاء الوتر نجد أنة يحدث قمة وقاع متتالين خلال اهتزازة كاملة أى أن حركة الموجة المستعرضة تشمل قمة وقاع متتالين خلال اهتزاة كاملة.

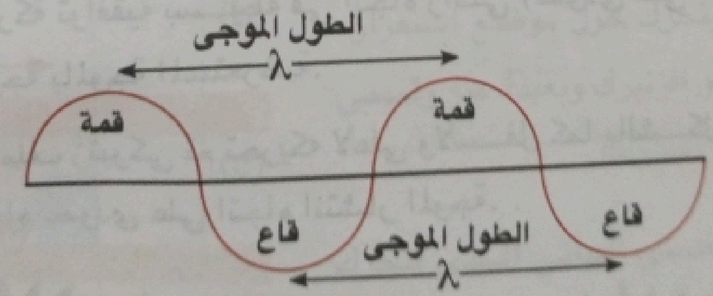
من أمثلة الموجات المستعرضة:

- الموجات التى تحدث فى وتر مهتز.
- الموجات التى تحدث على سطح الماء.

ثانيا الطول الموجى

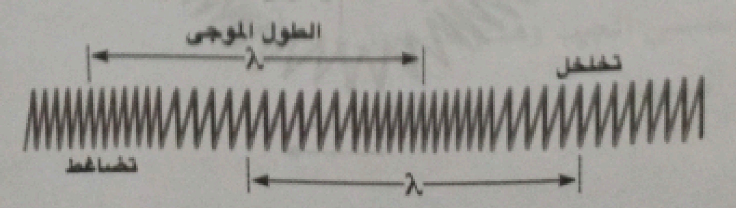
١ الطول الموجى للموجة المستعرضة:

هو المسافة بين قمتين متتاليتين أو قاعين متتالين.



٢ الطول الموجى للموجة الطولية:

هو المسافة بين مركزى تضاغطين متتاليتين أو مركزى تخلخلين متتالين.



وبالتالي يكون بصوره عامة:

(١) هو المسافة بين أى نقطتين متتاليتين لهما نفس الطور (أى لهما نفس الموضع ونفس الإتجاه).

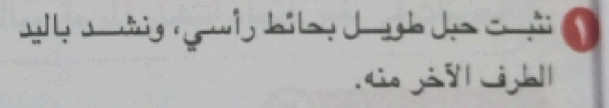
(٢) هو المسافة التى تقطعها الموجة خلال زمن دورى واحد.

(٣) المسافة التى تقطعها الموجة لتقوم بعمل اهتزازة كامله.

ويمكن حساب الطول الموجى من العلاقة:

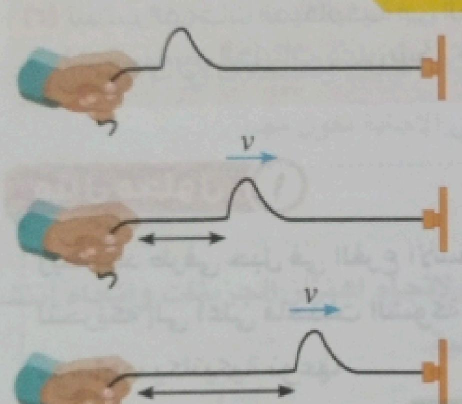
$$\text{الطول الموجى } (\lambda) = \frac{\text{المسافة المقطوعة } (x)}{\text{عدد الموجات } (n)}$$

الموجة المرتحلة



تجربة لتوليد قطار من الموجات المرتحلة فى حبل مشدود

يمكنك إجراء مثل هذه التجربة بنفسك كما يلى:



١ نثبت حبل طويل بحائط رأسي، ونشد باليد الطرف الآخر منه.

٢ نحرك طرف الحبل باليد رأسيا لأعلى ولأسفل على شكل نبضة.

الملاحظة:

- تنتشر موجة على طول الحبل على شكل نبضة تسمى هذه الموجة (الموجة المرتحلة).
- إذا ظلت الحركة التوافقية مستمرة، فإن هذه الموجة تكون متواصلة وتكون قطارا من الموجات المرتحلة.

تعريف الموجات المرتحلة

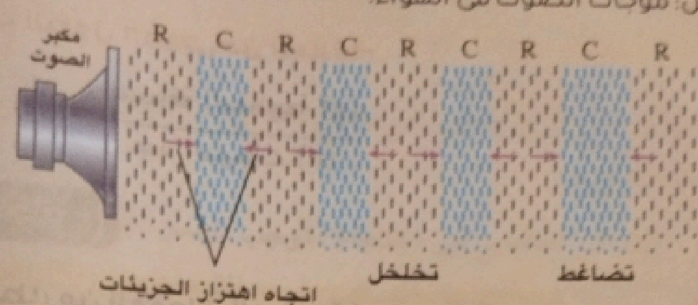
◄ هى موجة تنتشر على طول حبل مشدود طرفه البعيد مثبت وذلك عند جذب طرفه الحر رأسيا لأعلى لعمل نبضة ثم لأسفل لعمل نبضة أخرى.

◄ أو «موجة تنتشر على شكل نبضة واحدة فقط»

فكرة وتطبيق

1 انتشار الموجات فى السوائل والغازات

(١) تنتشر الموجات الميكانيكية فى الهواء على شكل موجات طولية نتيجة ضعف قوى التماسك بين الجزيئات مثل: موجات الصوت فى الهواء.



(٢) تنتشر الموجات الميكانيكية فى الماء على شكل موجات مستعرضة عند السطح لكبر قوى التماسك بين الجزيئات، وعلى شكل موجات طولية عند القاع لصغر قوى التماسك بين الجزيئات

مثال محلول (١)

ربط أحد طرفى حبل فى الفرع الأسفل لشوكة رنانة، ثم طرق فرع الشوكة الرنانة من أسفل لتحريكه إلى أعلى فأحدثت الشوكة اضطرابين أحدهما فى الحبل والأخر فى الهواء مكونة موجات ميكانيكية نوعها ....

	الحبل	الهواء
أ	طولية	مستعرضة
ب	طولية	طولية
جـ	مستعرضة	مستعرضة
د	مستعرضة	طولية

الحل

فى الحبل تكون الموجة مستعرضة، أما الهواء فهى موجة طولية.

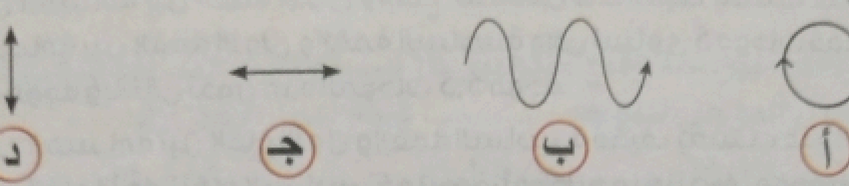
الإجابة الصحيحة

2 الفرق بين اهتزاز الجزيئات فى الموجتين الطولية والمستعرضة

مثال محلول ١

موجة صوتية تنتشر من نقطة X إلى نقطة Y   Y   X

أى الأشكال الآتية يوضح اتجاه حركة جزيئات الهواء نتيجة الموجة الصوتية من نقطة X إلى نقطة Y

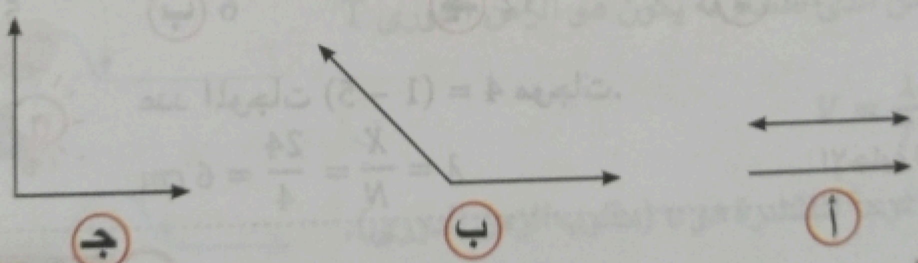


الحل

الموجـات الصوتية هى موجات طولية تتكون من تضاغطات وتخلخلات وبالتالى يكون اهتزاز الجزيئات فى نفس اتجاه انتشار الموجة. وبالتالى **الإجابة تكون «جـ»**

مثال محلول ٢

أى الأشـكال الآتية يعبر عن التمثيـل الصحيح لاتجاه اهتزاز الجزيئات واتجاه انتشـار الموجة فى كلًا من الموجة المستعرضة والطولية.



الحل

- **فى الموجـة المسـتعرضة:** يكـون اتجـاه اهتزاز الجزيئات عمودى على اتجاه الإنتشـار وبالتالى **يكون الإجابة (ج) فى حالة الموجة المستعرضة.**
- **فى الموجة الطولية:** يكون اتجاه اهتزاز الجزيئات فى نفس اتجاه الإنتشـار وبالتالى **يكون الإجابة (ا) فى حالة الموجة الطولية.**

3 حساب عدد الموجات

من المعروف أن الطول الموجي لموجه مستعرضة هو المسافة بين قمتين متتاليتين أو قاعين متتاليين

(١) عندما يعطى المسافة بين القمة الأولى والقمة السادسة مثلا فكيف يحسب عدد الموجات يمكن حساب عدد الموجات كالآتي:

عدد الموجات = الرتبة الأخيرة - الرتبة الأولى (بشرط يكونا من نفس النوع)

وبالتالي يكون عدد الموجات = $6 - 1 = 5$

(٢) عندما يعطى المسافة بين القمة الأولى والقاع السادس مثلا فكيف يحسب عدد الموجات، نقوم بحساب المسافة بين القمة الأولى والقمة السادسة وهي تساوى 5 موجات كما سبق ثم نضيف عليها نصف موجة وبالتالى تكون عدد الموجات 5.5 موجة.

(٣) عندما يعطى المسافة بين القاع الأول والقمة السادسة فكيف يحسب عدد الموجات، نحسب المسافة من القاع الأول للقاع السادس كما سبق ثم نطرح منها نصف موجة وبالتالى يكون عدد الموجات 4.5 موجة.

(٤) ملحوظة.. لا تطبق القاعدة المستخدمة كما سبق فى الحالة (٢) والحالة (٣) إلا بعد ترتيب رتبة الموجة بمعنى.. **مثلاً المسافة بين القاع الخامس والقمة الأولى..** الترتيب المسافة بين القمة الأولى والقاع الخامس، ثم تطبق حالة (٢).

(٥) المسافة بين قمة وقاع تال له = نصف طول موجى (نصف موجة) وكذلك المسافة بين مركزى تضاغط وتخلخل تال له.

مثال محلول (١)

إذا كانت المسافة بين القمة الأولى والقمةالخامسة لموجة مستعرضة تساوى 24 سم فإن الطول الموجى =..... سم.

(أ) 5.5 (ب) 6 (جـ) 12 (د) 4.5

الحل

عدد الموجات $(5 - 1) = 4$ موجات.

$$\lambda = \frac{X}{N} = \frac{24}{4} = 6\ cm$$

الإجابة الصحيحة (ب)

مثال محلول (٢)

إذا كانت المسافة بين القمة الأولى والقاع السادس لموجة مستعرضة 55 cm يكون الطول الموجى للموجة .... سم.

(أ) 10 (ب) 5.5 (جـ) 15 (د) 20

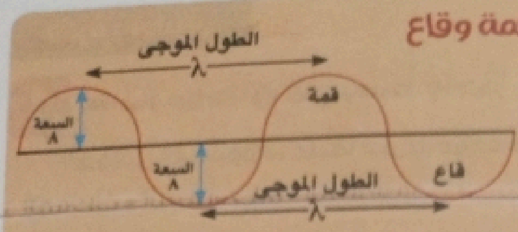
الحل

عدد الموجات $(6 - 1) + 0.5 = 5.5$ موجة.

$$\lambda = \frac{X}{N} = \frac{55}{5.5} = 10\ cm$$

الإجابة الصحيحة (أ)

4 المسافة الرأسية والمسافة الأفقية بين قمة وقاع



(١) **المسافة الأفقية** بين قمة وقاع متتاليين تمثل نصف الطول الموجى.

(٢) **المسافة الرأسية** بين قمة وقاع تمثل ضعف سعة اهتزازة الموجة.

مثال محلول (١)

إذا كانت المسافة الأفقية بين قمة وقاع متتاليين 10 سم وكانت المسافة الرأسية بينهما 5 سم فتكون قيمة الطول الموجى للموجه .... قيمة سعة الاهتزازة.

(أ) 4 أمثال (ب) 5 أمثال (جـ) 8 أمثال (د) 10 أمثال

الحل

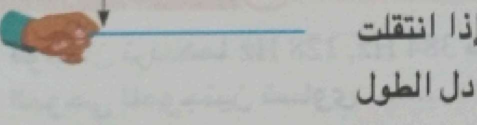
$$\lambda = 2 \times 10 = 20\ cm$$

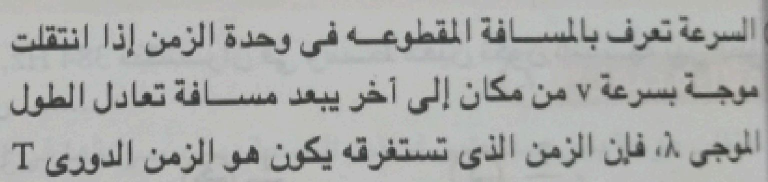
$$A = \frac{5}{2} = 2.5\ cm$$

$$\frac{\lambda}{A} = \frac{20}{2.5} = 8$$

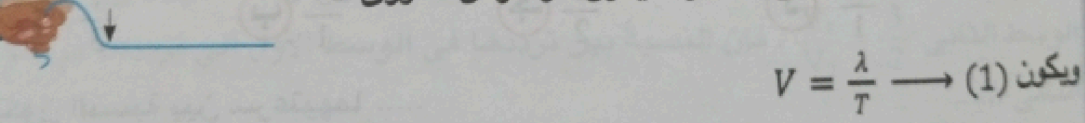
الإجابة الصحيحة (جـ)

العلاقة بين التردد والطول الموجى وسرعة انتشار الموجات الطولية





السرعة تعرف بالمسافة المقطوعه فى وحدة الزمن إذا انتقلت موجة بسرعة v من مكان إلى آخر يبعد مسافة تعادل الطول الموجى λ، فإن الزمن الذى تستغرقه يكون هو الزمن الدورى T



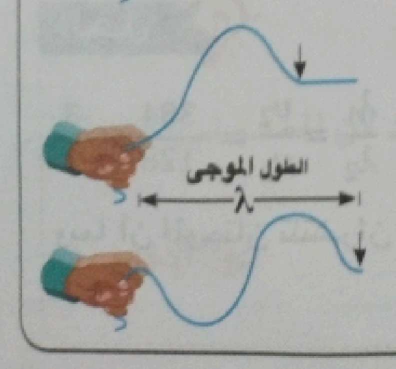
ويكون $V = \frac{\lambda}{T} \longrightarrow (1)$



وإذا كان تردد هذه الموجة المنتشرة هو υ (مقلوب الزمن الدورى).

$$\upsilon = \frac{1}{T} \longrightarrow (2)$$

من (1) و(2) نجد أن: $V = \lambda \upsilon$



هذه العلاقة هى علاقة عامة لانتشار الموجات سواء كانت قطارا من الموجات أو نبضة واحدة.

فكرة وتطبيق

1 انتشار موجتان في وسط واحد

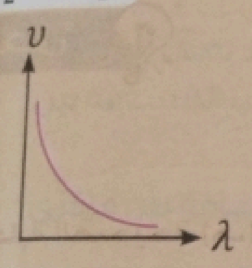
العوامل التى تتوقف عليها سرعة موجة هى فقط (نوع الوسط، درجة الحرارة) فلا تتغير السرعة إلا بانتقال الموجة من وسط لوسط آخر.

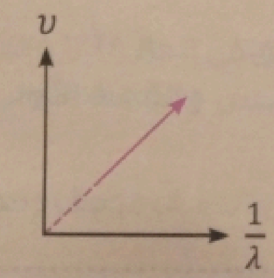
وبالتالى فالقانون $V = \lambda \cdot \upsilon$ لا يستخدم فى تحديد العوامل المؤثرة على السرعة (إلا إذا افترض فى السؤال ثبات باقى العوامل الموجودة بالقانون).

مثلاً: ماذا يحدث لسرعة موجة تنتشرفى وسط ما إذا زاد تردد الموجة للضعف؟
فتكون الإجابة أن السرعة تظل ثابتة.

$$\lambda_1 \upsilon_1 = \lambda_2 \upsilon_2$$

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{\upsilon_2}{\upsilon_1}$$





$$\text{Slope} = \frac{\upsilon}{\frac{1}{\lambda}} = \upsilon\lambda = V$$

مثال محلول (١)

موجتان ترددهما 384 Hz, 128 Hz تنتشران فى وسط معين تكون النسبة بين الطول الموجي للموجتين تساوى ....

(أ) $\frac{1}{3}$ (ب) $\frac{3}{1}$ (جـ) $\frac{1}{2}$ (د) $\frac{2}{1}$

وتكون النسبة بين سرعتيهما .....

(أ) $\frac{1}{3}$ (ب) $\frac{3}{1}$ (جـ) $\frac{1}{2}$ (د) $\frac{1}{1}$



الحل

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{\upsilon_2}{\upsilon_1} = \frac{384}{128} = \frac{3}{1}$$

الإجابة الصحيحة

وبما أن الموجتان تنتشران فى نفس الوسط تكون السرعة ثابتة $\frac{V_1}{V_2} = \frac{1}{1}$

2 انتقال موجة من وسط إلى وسط آخر

العوامل التى يتوقف عليها التردد هى فقط (الزمن الدورى لمصدر الاهتزازة) فلا يتغير التردد إلا بتغير المصدر.

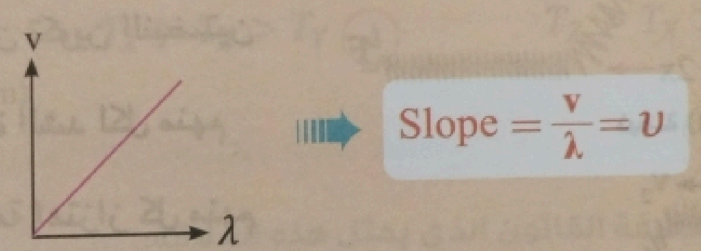
وبالتالى فالقانون $v = \frac{V}{\lambda}$ لا يستخدم فى تحديد العوامل المؤثرة على التردد (إلا إذا افترض فى السؤال ثبات باقى العوامل الموجودة بالقانون).

مثلا: ماذا يحدث لتردد موجة إذا انتقلت لوسط آخر وزاد طولها الموجى للضعف؟

فتكون الاجابة أن التردد يظل ثابت.

$$\upsilon_1 = \upsilon_2$$

$$\frac{V_1}{\lambda_1} = \frac{V_2}{\lambda_2} \Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$



مثال محلول (١)

انتقلت موجة بين وسطين فكانت النسبة بين سرعتها فى الوسط الأول إلى سرعتها فى الوسط الثانى $\frac{V_1}{V_2} = \frac{3}{2}$ ، فإن النسبة بين ترددها فى الوسط الأول إلى ترددها فى الوسط الثانى ....

(أ) $\frac{3}{2}$ (ب) $\frac{2}{3}$ (جـ) $\frac{1}{2}$ (د) 1

الحل

عند انتقال الموجة من وسط إلى وسط آخر يظل ترددها ثابت لأن المصدر لم يتغير ولكن يتغير سرعتها وطولها الموجى.

تكون الإجابة (د)

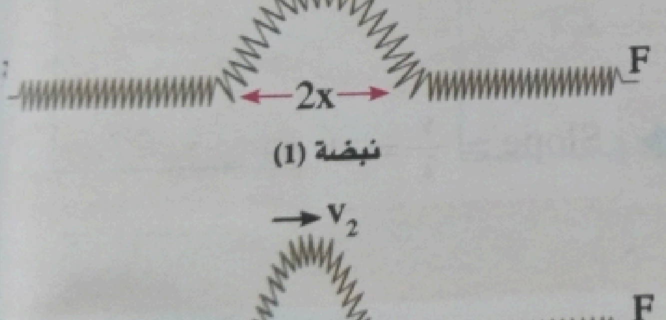
3 تغيير الطول الموجى للموجة المنتشرة فى وتر

◀ الطول الموجى للموجة المرتحلة يتوقف على قوة الشد فى الوتر وبالتالى عندما نريد زيادة الطول الموجى نزيد من قوة الشد والعكس صحيح.

◀ عند ثبوت السرعة (فى نفس الوسط) يتناسب الطول الموجى عكسيا مع التردد وعند ثبوت التردد (نفس المصدر) يتناسب الطول الموجى طرديا مع السرعة.

مثال محلول (١)

تم تكوين نبضتين بواسطة نفس الملف الزنبركى كما بالشكل فيكون سبب اختلاف اتساع النبضتين فى الشكلين هو ....



(أ) اختلاف زمن تكوين النبضتين

(ب) اختلاف قوة الشد لكل منهم

(جـ) اختلاف سعة اهتزاز كل منهم

(د) لا توجد اجابة صحيحة

الحل

اختلاف اتساع النبضتين يمثل تغير فى الطول الموجى لكل منهما وكما ذكرنا أن الطول الموجى يعتمد على قوة الشد لكل منهم.

وبالتالى الاختيار الصحيح هو (ب)

4 رسومات بيانية

◀ عند حساب ميل الخط المستقيم يكون كالآتى: أما $\frac{\text{فرق الصادات}}{\text{فرق السينات}}$ ، أو $\tan(\theta)$

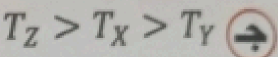
وبالتالى عند تمثيل أكثر من علاقة بيانية فى رسمة واحدة يكون أكبرها زاوية هو الأكبر ميل.

مثال محلول (١)

الشكل يوضح العلاقة بين السرعه والطول الموجى لثلاث موجات X و Y و Z تكون العلاقه بين الزمن الدورى للموجات.

(أ) $T_X > T_Y > T_Z$ (ب) $T_Z > T_Y > T_X$





(جـ) $T_Z > T_X > T_Y$ (د) $T_X > T_Z > T_Y$



الحل

أولا: لا بد من معرفة القانون الذى يمثل هذه العلاقة:

$$V = \lambda \upsilon$$

ثانيا: معرفة ميل هذه العلاقة:

$$slope = \frac{V}{\lambda} = \upsilon$$

ثالثا: معرفة أيهم أكبر ميل:

$$\theta_x > \theta_y > \theta_z$$

$$slope\ (x) > slope(y) > slope(z)$$

$$\upsilon_x > \upsilon_y > \upsilon_z$$

وبما أن الزمن الدورى هو مقلوب التردد.

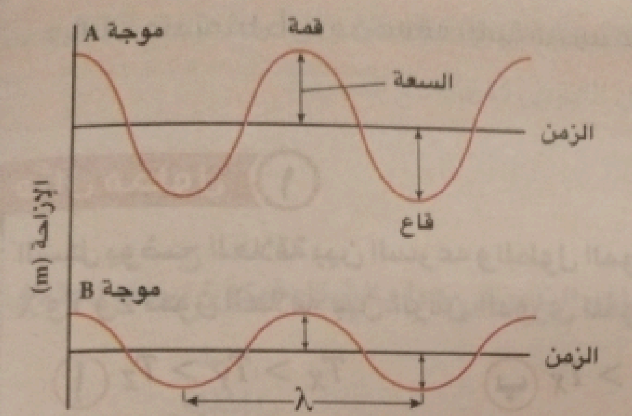
فيكون:

$$T_Z > T_Y > T_X$$

الاختيار الصحيح هو (ب)

5 العلاقة بين شدة الموجة والسعة

تزداد شدة الموجة بزيادة سعتها **حيث أن الشدة تتناسب مع مربع السعة**
وسيتم توضيح المعلومة أكثر فى ظاهرة تداخل الضوء فى الفصل الثانى.

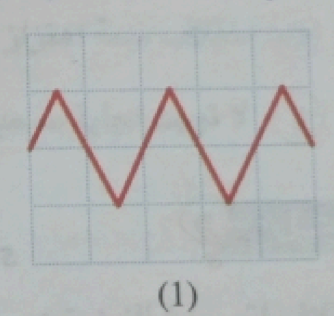


مثال:

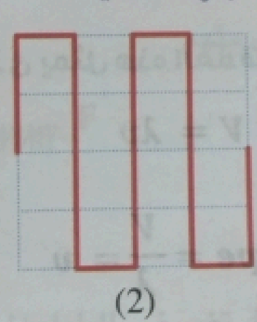
سعة الموجة A أكبر من سعة الموجة B،
وبالتالى....
شدة الموجة A أكبر من شدة الموجة B

مثال محلول (١)

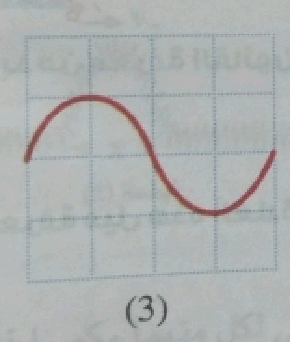
انتشرت 3 موجات كما بالشكل، أى العبارات الآتية خاطئة.



(1)



(2)



(3)

(أ) سعة الموجة (1) أقل من سعة الموجة (2)

(ب) شدة الموجة (1) = شدة الموجة (2)

(جـ) شدة الموجة (1) = شدة الموجة (3)

(د) شدة الموجة (2) أكبر من شدة الموجتان (1) و(3)



الحل

الاختيار الصحيح هو (ب)

ثالثا أفكـار المسائل
Open book

1 تطبيق قوانين مباشرة

- الزمن الدورى يحسب من العلاقة: $T = \frac{t}{N} = \frac{1}{\upsilon} = \frac{\lambda}{V}$
- التردد يحسب من العلاقة: $\upsilon = \frac{N}{t} = \frac{1}{T} = \frac{V}{\lambda}$
- الطول الموجى يحسب من العلاقة: $\lambda = \frac{X}{N} = \frac{V}{\upsilon} = V\,T$
- سرعة انتشار الموجة تحسب من العلاقات: $V = \lambda\,\upsilon = \frac{\lambda}{T} = \frac{X}{t}$

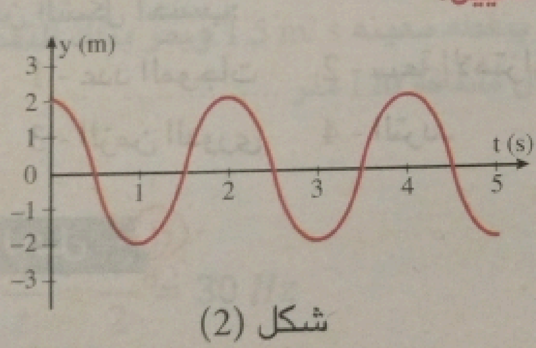
2 رسومات جيبية

١ يجب أن يتعلم الطالب كيف يحسب عدد الموجات كالآتى:

$(\frac{1}{4}\lambda)$ — $(\frac{1}{4}\lambda)$ — نصف موجة $(\frac{1}{2}\lambda)$ — نصف موجة $(\frac{1}{2}\lambda)$ — $(\frac{3}{4}\lambda)$ — موجة كاملة (λ)

٢ يجب أن يتعلم الطالب الفرق بين المنحنيين الآتيين:

شكل (1)

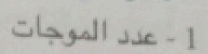


شكل (2)

- **الشكل الأول:** يوضح العلاقة بين الإزاحة الرأسية والمسافة التى تقطعها الموجة وبالتالى يمكن حساب الطول الموجى للموجة وهو المسافة التى تقطعها الموجة خلال دورة كاملة فنجد أن الطول الموجى للموجة يساوى 4 m وتكون سعة الاهتزازة 2 m.
- **الشكل الثانى:** يوضح العلاقة بين الإزاحة الرأسية والزمن الذى تقطعه الموجة وبالتالى يمكن حساب الزمن الدورى للموجة وهو زمن حدوث موجة كاملة ويساوى 2s وتكون سعة الاهتزازة 2 m.

مثال محلول (١)

الشكل يوضح موجة ترددها 10 HZ احسب:



1 - عدد الموجات

2 - سعة الاهتزازة

3 - الطول الموجى للموجة

4 - حدد نقطتين لهما نفس الطور

5 - سرعة انتشار الموجة



الحل

(1) $N = 2$

(2) $A = 0.2$ m

(3) $\lambda = \frac{X}{N} = \frac{16}{2} = 8$ cm

(4) النقطتان هما (A و E) أو (C و F)

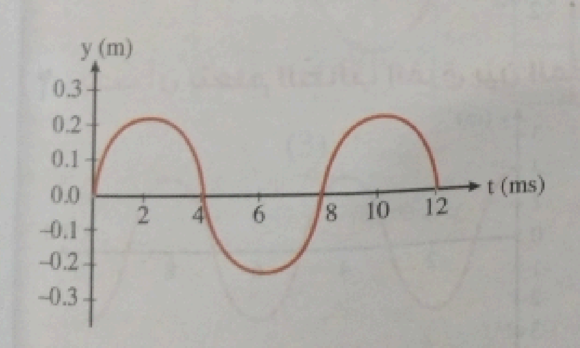
(5) $V = \lambda \upsilon = 8 \times 10^{-2} \times 10 = 0.8\ m/s$

مثال محلول (٢)

من الشكل احسب:

1 - عدد الموجات 2 - سعة الاهتزازة

3 - الزمن الدورى 4 - التردد





الحل

$N = 1.5$

$A = 0.2\ m$

$T = \frac{t}{N} = \frac{12 \times 10^{-3}}{1.5} = 8 \times 10^{-3} S$

$\upsilon = \frac{1}{T} = \frac{1}{8 \times 10^{-3}} = 125\ HZ$

مثال محلول (٣)

مصدر مهتز تردده 100 Hz احسب الزمن الذى يمر منذ مرور القمة الأولى والقمة الرابعة عشر بنقطة فى مسار حركة الموجة.



(عدد الموجات) N = 14 - 1 = 13 موجة

$$t = \frac{N}{\upsilon} = \frac{13}{100} = 0.13\ S$$

مثال محلول (٤)

إذا كانت المسافة بين مركز التضاغط والتخلخل التالى له 2.5 cm فاحسب الطول الموجى للموجة.



(عدد الموجات) N = 0.5 موجة

$$\lambda = \frac{X}{N} = \frac{2.5}{0.5} = 5\ cm$$

مثال محلول (٥)

إذا كانت سرعة انتشار الموجات التى تمر بنقطه معينه 1.5 m/ s ويمر بتلك النقطه 60 موجة خلال 2 ثانية فيكون عدد الموجات خلال مسافة 120 متر ....



$$\upsilon = \frac{N}{t} = \frac{60}{2} = 30\ Hz$$

$$\lambda = \frac{V}{\upsilon} = \frac{1.5}{30} = 0.05\ m$$

$$\lambda = \frac{X}{N} \longrightarrow 0.05 = \frac{120}{N}$$

(عدد الموجات) N = 2400 موجة

مثال محلول (٦)

قطار يقف عند محطة ويصدر صفيرا تردده 300 هرتز، إذا كان هناك رجل يقف على بعد 0.99 km من القطار ويسمع الصوت بعد 3 ثوانى من صدوره، فيكون الطول الموجى ....

الحل



$$\upsilon = \frac{N}{t} \longrightarrow 300 = \frac{N}{3}$$

$N = 900$ موجة

$$\lambda = \frac{X}{N} = \frac{0.99 \times 10^3}{900} = 1.1\ m$$

3 موجات الماء تكون على شكل دوائر منتظمة مركزها موضع سقوط الحجر، ويكون نصف قطر الدائرة الخارجية هو المسافة التى تحركتها الموجة فى اتجاه انتشارها.

مثال محلول (١)

القى حجر فى بركة ماء ساكنة فاحدث 100 موجة فى زمن 20s وكان نصف قطر الدائرة الخارجية للاضطراب 8m فإن ....

	تردد الموجة Hz	سرعة الموجة m/s
أ	5	0.02
ب	5	0.4
جـ	2	2
د	2	2.5

الحل

$$\upsilon = \frac{N}{t} = \frac{100}{20} = 5\ Hz$$

$$\lambda = \frac{X}{N} = \frac{8}{100} = 0.08\ m$$

$$V = \lambda\, \upsilon = 0.08 \times 5 = 0.4\ m/s$$

فتكون الإجابة (ب)

4 مسائل النسب بين الأطوال الموجية أو الترددات أو السرعات

◄ عند ثبوت التردد: $\frac{V_1}{V_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$

◄ عند ثبوت السرعة: $\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{\upsilon_2}{\upsilon_1}$

مثال محلول (١)

نغمتان ترددهما 680 Hz و 425 Hz تنتشران فى الهواء وكان الطول الموجى لأحدهما يزيد عن الأخرى بمقدار 30 سم، تكون سرعة الضوء فى الهواء .... م/ ث.

(أ) 340 (ب) 328 (جـ) 332 (د) 380

الحل



$$\lambda_2 = \lambda_1 + 0.3$$

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{\upsilon_2}{\upsilon_1}$$

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_1 + 0.3} = \frac{425}{680}$$

$$\lambda_1 = 0.5 \text{ m}$$

$$V = \lambda_1 \upsilon_1 = 0.5 \times 680 = 340 \text{ m/s}$$

تكون الإجابة (أ)

مثال محلول (٢)

شوكة رنانة تهتز فى الهواء، فإذا تم تسخين الهواء حولها زاد الطول الموجى للموجات الصادرة بنسبة 2% فإذا علمت أن سرعة الصوت قبل التسخين 340 m/s فيكون التغير فى السرعه ....

(أ) 3% (ب) 0.2% (جـ) 0.02% (د) 2%



$$\lambda_2 = \lambda_1 + \frac{2}{100}\lambda_1$$

$$\lambda_2 = 1.02\,\lambda_1$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

$$\frac{340}{V_2} = \frac{\lambda_1}{1.02\,\lambda_1}$$

$$V_2 = 346.8\ m/s$$

$$\text{التغير في السرعه} = \frac{\Delta V}{V_1} \times 100$$

$$\text{التغير في السرعه} = \frac{346.8 - 340}{340} \times 100 = 2\%$$

تكون الإجابة (د)

5 استقبال شخص لموجتان بفارق زمنى

- مثل استقبال شخص لموجتا الرعد والبرق، يصل ضوء البرق قبل سمع صوت الرعد وبالتالى يستقبل الشخص الموجتان بفارق زمنى.
- يمكن حساب المسافة بين مكان حدوث الظاهرة والشخص كالأتى:

$$\Delta t = t_1 - t_2$$

$$\Delta t = \frac{x}{V_1} - \frac{x}{V_2}$$

$$\Delta t = x\left(\frac{1}{V_1} - \frac{1}{V_2}\right)$$

مثال محلول (١)

إذا سمع صوت الرعد بعد حدوث البرق ب 2.5 ثوانى، فتكون المسافة بين مكان حدوث البرق والمستمع .... متر.

(اعتبر أن سرعة الصوت فى الهواء 340 m/s، سرعة الضوء 3×10^{8} m/s)

(أ) 1700 (ب) 850 (جـ) 3400 (د) 8500

الحل

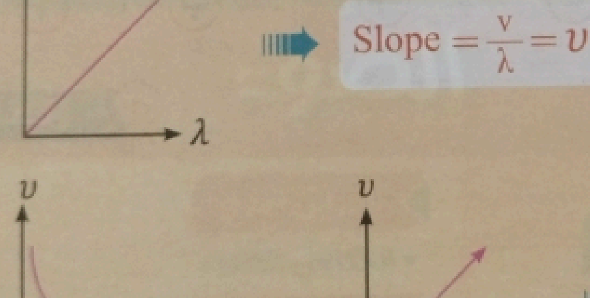
$$\Delta t = x(\frac{1}{V_1} - \frac{1}{V_2})$$

$$2.5 = x(\frac{1}{340} - \frac{1}{3 \times 10^8})$$

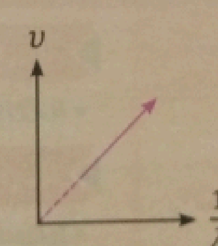
$$x = 850\ m$$

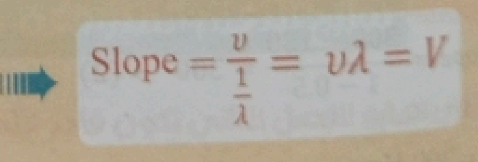
الإجابة الصحيحة (ب)

6 مسائل الرسم البيانى



$$Slope = \frac{v}{\lambda} = \upsilon$$

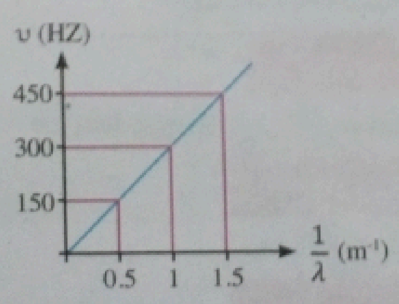




$$Slope = \frac{\upsilon}{\frac{1}{\lambda}} = \upsilon\lambda = V$$

مثال محلول (١)

الشكل المقابل يوضح العلاقة بين التردد على المحور الراسى ومقلوب الطول الموجى للموجة على المحور الأفقى من البيانات الموضحة تكون قيمة سرعة انتشار الموجة = ... متر/ث.



(أ) 100 (ب) 150 (جـ) 200 (د) 300



$$Slope = \frac{v}{\frac{1}{\lambda}} = v\lambda = V \rightarrow (1)$$

$$slope = \frac{300 - 150}{1 - 0.5} = 300 \rightarrow (2)$$

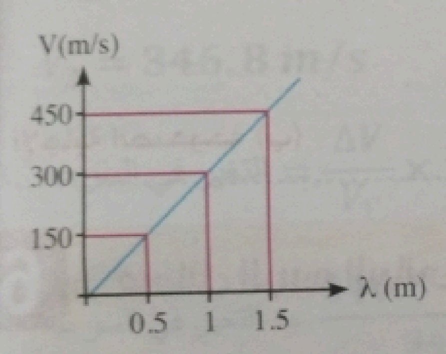
من (1) و(2) يكون

$$V = 300\ m/s$$

تكون الإجابة (د)

مثال محلول (٢)

الشكل المقابل يوضح العلاقة بين سرعة انتشار الموجة على المحور الرأسى والطول الموجى على المحور الأفقى فى عدة أوساط من البيانات الموضحة تكون قيمة تردد الموجة = ... هرتز.



(أ) 100 (ب) 150 (جـ) 200 (د) 300



$$Slope = \frac{V}{\lambda} = v \rightarrow (1)$$

$$slope = \frac{300 - 150}{1 - 0.5} = 300 \rightarrow (2)$$

من (1) و(2) يكون

$$V = 300\ \text{Hz}$$

تكون الإجابة (د)

الوحدة الأولى

الموجـــات



الفصل 2 الضوء

نواتج التعلم المتوقعة

في نهاية الفصل الثاني تكون قادر على أن:

١- معرفة بعض الظواهر الفيزيائية للضوء وهي الانعكاس والانكسار والتداخل والحيود.

٢- تفسير بعض الظواهر الطبيعية كظاهرة السراب وحدوث قوس قزح.

٣- التمييز بين الأسطح العاكسة مثل: المرآة والمنشور العاكس واستخداماتهم في الأجهزة البصرية.

٤- تفسير تحليل الضوء الأبيض إلى مكوناته.



الفصل 2

الدرس الأول

انعكاس الضوء

الضوء جزء من مدى واسع من الموجات تسمى الموجات الكهرومغناطيسية تنتشر جميعها بسرعه ثابتة فى الفراغ $(3 \times 10^8\ m/s)$ وتتباين فيما بينها فى ترددها معطية ما يسمى الطيف الكهرومغناطيسي..

ويشمل على سبيل المثال:

موجات الراديو (Radio waves) وموجات الأشعه تحت الحمراء (Infrared) والضوء المنظور (Visible light) والأشعه فوق البنفسجية (Ultra violet) والأشعه السينية (X- Rays) وأشعة جاما (γ Rays) وجميعها لها خواص مشتركة.



فكرة وتطبيق

1 الخصائص المشتركة للموجات الكهرومغناطيسية

١- تنتشر فى الأوساط المادية وفى الفراغ.

٢- تنتشر فى الفراغ بسرعة ثابتة قدرها 3×10^8 m/s.

٣- تتكون من مجالات كهربية ومجالات مغناطيسية مهتزة بتردد معين ومتفقة فى الطور، ومتعامدة على بعضها، وعمودية على اتجاه انتشار الموجة.

٤- جميعها موجات مستعرضة.

مثال محلول (١)

أى الإختيارات الآتية يمثل أنواع الموجات بصورة صحيحة.

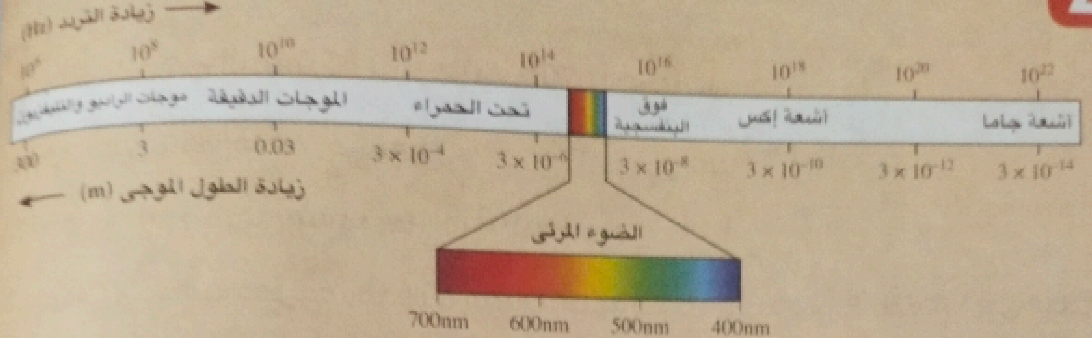
	موجات الضوء	موجات الصوت	أشعة إكس
أ	طولية	طولية	مستعرضة
ب	طولية	مستعرضة	طولية
ج	مستعرضة	طولية	مستعرضة
د	مستعرضة	مستعرضة	طولية



كلا من الأشعة السينية وأشعة الضوء عبارة عن موجات كهرومغناطيسية وبالتالى تكون موجات مستعرضه، أما الصوت موجات ميكانيكية طوليه.

فتكون الإجابة (ج)

2 اختلاف الموجات الكهرومغناطيسية فى التردد والطول الموجي



الشكل يوضح اختلاف الموجات فى كلا من التردد والطول الموجى حيث من الواضح أن:

- **موجات الراديو** هى الأكبر فى الطول الموجى حيث يكون أطوالها الموجية تصل إلى 300m وبالتالى تكون أقل تردد 10^6 HZ .
- وكلما اتجهنا ناحية اليمين يقل الطول الموجى ويزداد التردد.
- **أشعة جاما:** أقل الموجات فى الطول الموجى حيث يصل إلى (10^{-14}m) وأعلى تردد (10^{22}HZ) فيكون لها قدرة أكبر على النفاذ والإختراق خلال المواد حيث تزداد قدرتها بزيادة طاقتها نتيجة زيادة ترددها

ونحن بصدد دراسة الضوء المرئي:

الضوء المرئى له مدى من الأطوال الموجية (700 nm - 400 nm).

اللون الأحمر: أكبرهم فى الطول الموجى وأقلهم فى التردد.

اللون البنفسجى: أقلهم فى الطول الموجى وأكبرهم فى التردد.

مثال محلول (١)

تختلف الموجات الكهرومغناطيسية عن بعضها فى.......................

(أ) الطول الموجى والتردد
(ب) التردد والسرعة
(جـ) الطول الموجى والسرعة
(د) السرعة فقط



الحل

الموجات الكهرومغناطيسية لها سرعة ثابتة فى الفراغ ولكن تختلف فى كلا من التردد والطول الموجي. فتكون الإجابة (أ)

مثال محلول (٢)

الجدول الذى أمامك يبين مدى الطيف الكهرومغناطيسى لموجات الضوء حيث R هى منطقة الضوء المرئى فإن منطقة الأشعة السينية هى منطقة ....

يزداد υ ←

M	L	R	K	O

→ يزداد λ

(أ) O
(ب) K
(جـ) L
(د) M

الحل

منطقة الضوء المرئى هى منطقة R ويزداد التردد كلما اتجهنا لليمين كما هو موضح بالرسم، وبالتالى يكون منطقة K هى منطقة الأشعة فوق البنفسجية ومنطقة O هى منطقة الأشعة السينية حسب ترتيب الطيف الكهرومغناطيسي.

فتكون الإجابة (أ)

الخصائص الموجية للضوء

١ الضوء له طبيعة موجية (أو الضوء حركة موجية) لأنه يخضع لظواهر الانعكاس والانكسار والتداخل والحيود.

٢ الضوء ينتشر فى خطوط مستقيمة فى جميع الاتجاهات مالم يصادفه وسط عائق، فإذا قابله وسط عائق فإنه يعانى انعكاسا وانكسارا وامتصاصا بنسب مختلفة حسب طبيعة الوسط العائق.

٣ فعند سقوط شعاع ضوئى على سطح فاصل بين وسطين مختلفين عن بعض فى الكثافة الضوئية، فإن جزءا ينعكس وجزءا ينكسر وجزء يمتص (نهمل فى دراستنا الجزء الممتص).

أولاً انعكاس الضوء

انعكاس الضوء

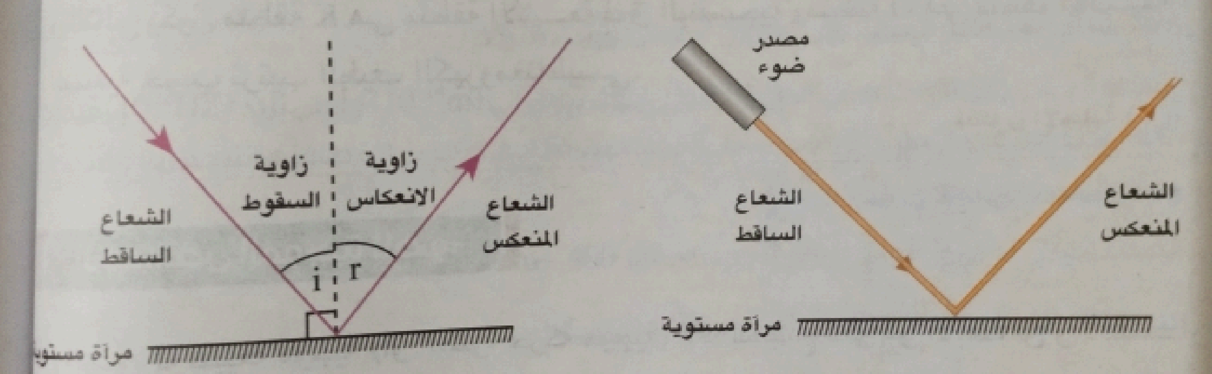
ارتداد موجات الضوء فى نفس الوسط عندما تقابل سطحاً عاكساً.

* قانونا الانعكاس.

(١) القانون الاول: زاوية السقوط = زاوية الانعكاس

(٢) القانون الثانى:

الشـــعاع الضوئى الساقط والشعاع الضوئى المنعكس والعمود المقام من نقطة السقوط ع السطح العاكس تقع جميعها فى مستوى واحد عمودى على السطح العاكس..



ملاحظات هامة

(١) زاوية الســقوط: الزاوية المحصورة بين الشعاع الضوئى الساقط والعمود المقام من نقطة السقوط على السطح العاكس.

(٢) زاوية الانعكاس: الزاوية المحصورة بين الشعاع الضوئى المنعكس والعمود المقام من نقطة السقوط على السطح العاكس.

(٣) الشـــعاع الســـاقط عمودى على الســطح العاكس ينعكس على نفسه لان زاوية السقوط = زاوية الانعكاس = صفر.

فكرة وتطبيق

1 عند وقوف شخص أمام نافذة زجاجية

- **عندما يكون خارج الحجرة ظلام:**

شدة الضوء الذى ينفذ من الخارج إلى الداخل تكون صغيرة جدا أو منعدمة تقريبا ولذا يرى الشخص صورته بفعل الجزء القليل المنعكس على الزجاج.

- **عندما يكون خارج الحجرة مضيئا:**

شدة الضوء الذى ينفذ من الخارج إلى الداخل تكون أكبر من شدة الضوء المنعكس من داخل الغرفة فيصعب رؤية الصورة.

مثال محلول ١

جلس شخص فى سيارة وأراد الاطلاع على الخارطة التى بين يديه (كان ذلك قبل وجود GPS) ساد ظلام خارج السيارة، فأضاء الشخص لمبة داخل السيارة ولذلك....

(أ) يرى الشخص البيئة خارج السيارة بوضوح ولا يرى صورته على الزجاج

(ب) يرى الشخص صورته منعكسة على الزجاج

(جـ) لا يرى صورته منعكسة على الزجاج ولا يرى البيئة خارج السيارة

(د) لا توجد اجابة صحيحة



الحل

شدة الضوء الذى ينفذ من الخارج إلى الداخل تكون صغيرة جدا أو منعدمة تقريبا ولذا يرى الشخص صورته بفعل الجزء القليل المنعكس على الزجاج.

فتكون الإجابة (ب)

2 خطوات تتبع مسار شعاع ضوئى عندما يسقط على سطح عاكس

عند سقوط شعاع ضوئى على سطح عاكس نتبع ما يلى:

١- نرسم العمود المقام عند نقطة السقوط.

٢- نحدد زاوية السقوط وهى التى تقع بين الشعاع الساقط والعمود المقام من نقطة السقوط

٣- نطبق قانون الانعكاس الأول وهو أن زاوية السقوط تساوى زاوية الانعكاس.

٤- تكرر هذه الخطوات مع كل سقوط جديد إلى أن يخرج الشعاع مرة أخرى.

مثال محلول (١)

سقط شعاع ضوئى I على مرآة K، تكون زاوية انعكاسه على المرآة L = ...

(أ) 45^o (ب) 60^o

(جـ) 30^o (د) 90^o

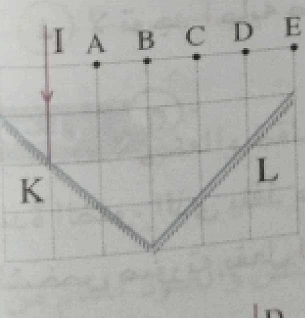


كما هو موضح بالشكل.

فتكون الإجابة (جـ)

مثال محلول (٢)

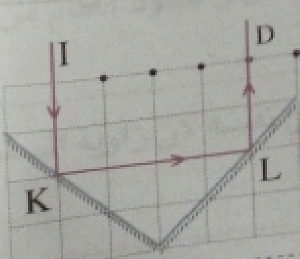
سقط شعاع ضوئى I على مرآة K: تتبع مسار الشعاع وحدد أى النقاط يخرج منها الشعاع.



(أ) A (ب) B

(جـ) C (د) D

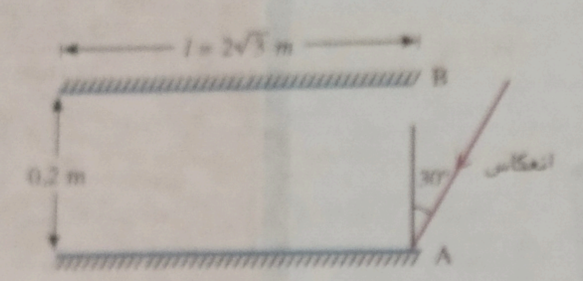




كما هو موضح بالشكل.

فتكون الإجابة (د)

مثال محلول (٣)



سقط شعاع بزاوية 30° على المرآة A، يكون عدد الانعكاسات التي تحدث..........

ⓐ 28 ⓑ 30

ⓒ 32 ⓓ 34



من هندسة الشكل نجد أن:

كل انعكاس يأخذ مسافة d.

$$\tan 30 = \frac{d}{0.2}$$

$$d = \frac{\sqrt{3}}{15}$$

$$\text{عدد الانعكاسات} = \frac{\text{المسافة الكلية (L)}}{\text{المسافة التي يقطعها كل انعكاس (d)}}$$

$$= \frac{2\sqrt{3}}{\left(\frac{\sqrt{3}}{15}\right)} = 30 \text{ انعكاس}$$

فتكون الإجابة (ب)

الدرس الثانى

انكسار الضوء

ثانيا انكسار الضوء

ذكرنا سابقا أن: عند سقوط شعاع ضوئى على سطح فاصل بين وسطين مختلفين فى الكثافة الضوئية فإن جزءاً منه ينعكس والجزء الآخر ينكسر (مع إهمال الجزء الممتص).

انكسار الضوء

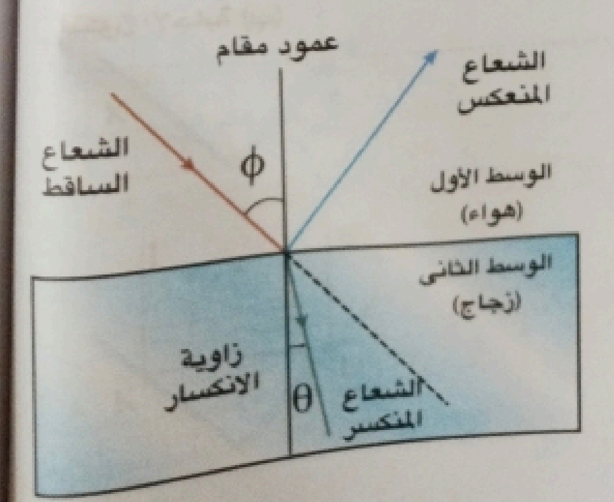
تغير مسار الضوء عندما يجتاز السطح الفاصل بين وسطين مختلفين فى الكثافة الضوئية.

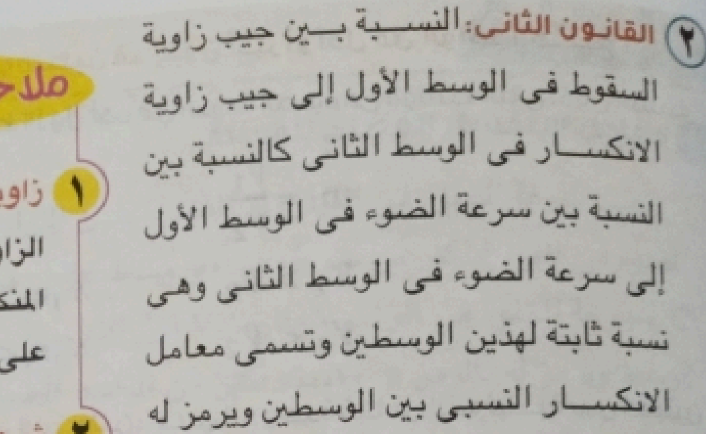
الكثافة الضوئية

قدرة الوسط على كسر الأشعة الضوئية عند نفاذها فيه.

* قانونا الانكسار.

① **القانون الأول:** الشعاع الضوئى الساقط والشعاع الضوئى المنكسر والعمود المقام من نقطة السقوط على السطح الفاصل تقع جميعها فى مستوى واحد عمودى على السطح الفاصل.





(٢) **القانون الثانى:** النسبة بين جيب زاوية السقوط فى الوسط الأول إلى جيب زاوية الانكسار فى الوسط الثانى كالنسبة بين النسبة بين سرعة الضوء فى الوسط الأول إلى سرعة الضوء فى الوسط الثانى وهى نسبة ثابتة لهذين الوسطين وتسمى معامل الانكسار النسبى بين الوسطين ويرمز له بالرمز ${}_1n_2$.

$${}_1n_2 = \frac{\sin(\emptyset)}{\sin(\theta)} = \frac{V_1}{V_2}$$

ملاحظات هامة

(١) زاوية الانكسار:

الزاوية المحصورة بين الشعاع الضوئى المنكسر والعمود المقام من نقطة السقوط على السطح الفاصل.

(٢) شروط حدوث انكسار الضوء:

أن ينتقل الضوء بين وسطين مختلفين عن بعض فى الكثافة الضوئية، ولا يسقط الشعاع عموديا على السطح الفاصل.

فكرة وتطبيق

ملاحظات على معامل الانكسار النسبى بين وسطين

(أ) العوامل التى يتوقف عليها معامل الانكسار النسبى بين وسطين

من العلاقة الآتية:

$${}_1n_2 = \frac{\sin(\emptyset)}{\sin(\theta)} = \frac{V_1}{V_2}$$

- **يتوقف على:**

١- سرعة الضوء فى الوسطين: والتى تتوقف على نوع الوسط ودرجة الحرارة

٢- الطول الموجى للضوء الساقط.

- **لا يتوقف على زاوية السقوط:**

حيث أن أى تغير فى جيب زاوية السقوط يقابله تغير طردى بنفس النسبة فى جيب زاوية الانكسار ويظل معامل الانكسار ثابت

(٢) معامل الانكسار النسبى بين الوسطين قد يكون أكبر أو أقل من الواحد الصحيح

فإذا كانت سرعة الضوء فى الوسط الأول أكبر من سرعة الضوء فى الوسط الثانى تكون النسبة أكبر من الواحد والعكس صحيح.

$${}_1n_2 = \frac{V_1}{V_2}$$

$$V_1 > V_2 \qquad \therefore {}_1n_2 > 1$$

$$V_1 < V_2 \qquad \therefore {}_1n_2 < 1$$

(٣) معامل الانكسار النسبى بين وسطين: ليس له وحدة قياس لأنه نسبة بين كميتين متماثلتين.

(٤) عند انتقال الشعاع الضوئى بين الوسطين: تتغير قيمة السرعة والطول الموجى ولكن يظل التردد ثابت

مثال محلول (١)

ماذا يحدث لمعامل انكسار مادة عندما تزداد زاوية سقوط شعاع ضوئى على سطحها للضعف.

(أ) يزداد أربع أمثال
(ب) يقل للنصف
(جـ) يزداد للضعف
(د) يظل ثابت



الحل 

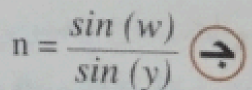
الإجابة الصحيحة (د)

مثال محلول (٢)

الشكل يوضح شعاع ضوئى ينتقل من الهواء إلى الزجاج فيكون ....

(أ) $n = \frac{\sin(v)}{\sin(y)}$
(ب) $n = \frac{\sin(v)}{\sin(x)}$
(جـ) $n = \frac{\sin(w)}{\sin(y)}$
(د) $n = \frac{\sin(w)}{\sin(x)}$

الشعاع الساقط
هواء
زجاج
w v y x



الحل 

الإجابة الصحيحة (د)



١ معامل الانكسار المطلق للوسط.

تعـد سرعة الضوء فى الفراغ أو الفضاء مـن الثوابت الكونية $c = 3 \times 10^8$ m/s وسرعة الضوء فى الفراغ أكبر من سرعته فى أى وسط فإذا رمزنا لسرعة الضوء فى الفراغ بالرمز C وسرعة الضوء فى الوسـط بالرمز V فإن النسـبة $\frac{c}{v}$ تسمى معامل الانكسـار المطلق للوسط ويرمز له بالرمز n وقيمته أكبر من الواحد الصحيح لأن دائما $c > v$.

- أى أن معامل الانكسار المطلق لوسط: $n = \frac{c}{v}$

ومعاملات انكسار بعض المواد مدونة بالجدول التالى:

الوسط المادى	معامل الانكسار
الهواء	1.00293
الماء	1.333
البنزين	1.501

الوسط المادى	معامل الانكسار
الزجاج التاجي	1.52
الزجاج الصخري	1.66
الماس	2.419

٢ العلاقة بين معامل الانكسار المطلق والنسبي:

$$n = \frac{c}{v} \quad \rightarrow (1)$$

$$V = \frac{c}{n}$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{n_2}{n_1} \quad \rightarrow (2)$$

وبالتالى فإن:

$${}_1n_2 = \frac{n_2}{n_1} \quad \rightarrow (3)$$

ومن العلاقة:

$${}_1n_2 = \frac{\sin(\phi)}{\sin(\theta)} \quad \rightarrow (4)$$

من المعادلتين (1) و(2) نجد أن:

$$\frac{\sin(\phi)}{\sin(\theta)} = \frac{n_2}{n_1}$$

ومنها:

$$n_1 \sin(\phi) = n_1 \sin(\theta)$$

وتسمى هذه العلاقة بقانون سنل الذى ينص على:

حاصل ضرب معامل الانكسار المطلق لوسط السقوط × جيب زاوية السقوط

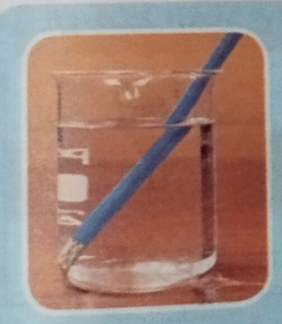


حاصل ضرب معامل الانكسار المطلق لوسط الانكسار × جيب زاوية الانكسار

٣ **يمكن استخدام انكسار الضوء** فى تحليل حزمة ضوئية إلى مركباتها ذات الأطوال الموجية المختلفة لأن معامل الانكسار يختلف تبعاً للطول الموجى للضوء الساقط، لذلك يتشتت الضوء الأبيض إلى مكوناته (سبعة ألوان) ويمكن ملاحظة ذلك فى فقاعات الصابون.

٤ **بعض الظواهر المتعلقة بانكسار الضوء:**

- رؤية القلم فى كوب ماء وكأنه مكسور.
- حدوث قوس قزح.
- رؤية الأجسام فى غير موقعها الحقيقى كرؤية قطعه معدنية فى الماء.



فكرة وتطبيق

1 الكثافة الضوئية

من جدول معاملات الانكسار ص 53 نجد أن:

١- الهواء هو أقل المواد معامل انكسار وبالتالى هو أقل كثافة ضوئية.

٢- يزداد معامل الانكسار فى الماء عن الهواء.

٣- ويزداد أكثر عن الزجاج بالنسبة للماء وهكذا.

وبالتالى: فإن الأوساط المختلفة تتفاعل مع الضوء بنسب مختلفة تجعل سرعة الضوء بها مختلفة

* **وبالتالى: فإن سرعة الضوء تتناسب عكسيا مع الكثافة الضوئية للوسط.**

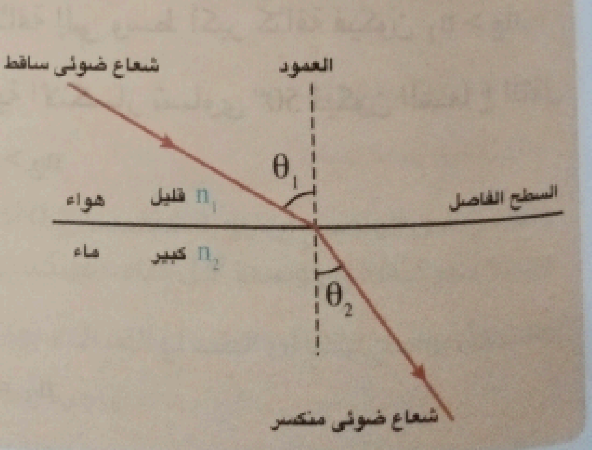
الوسط الأقل كثافة ضوئية ← سرعة الضوء فيه تكون أكبر ← زاوية الشعاع مع العمودى أكبر.

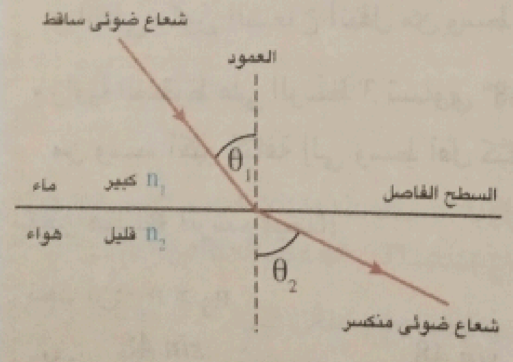
الوسط الأكبر كثافة ضوئية ← سرعة الضوء فيه تكون أقل ← زاوية الشعاع مع العمودى أقل

وبالتالى:

١- عند انتقال الضوء من وسط أقل كثافة ضوئية إلى وسط أكبر كثافة ضوئية ينكسر الشعاع مقتربا من العمود المقام.

٢- عند انتقال الضوء من وسط أكبر كثافة ضوئية إلى وسط أقل كثافة ضوئية ينكسر الشعاع مبتعدا عن العمود المقام.





مثال محلول (١)

عندما ينتقل شعاع ضوئى من وسط إلى وسط مختلف كثافته الضوئية أعلى، فإن سرعته ....

(أ) تقل (ب) تزداد (جـ) لا تتغير (د) لا تتوفر معلومات

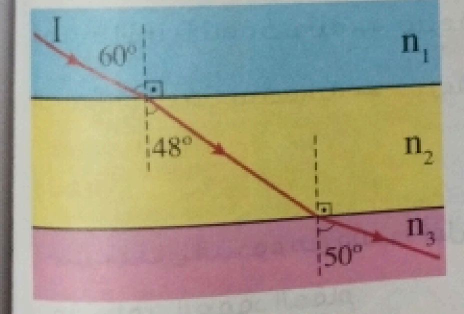
الحل

من العلاقة: $n = \frac{c}{v}$

العلاقة بين سرعة الضوء فى الوسط ومعامل انكسار مادة الوسط علاقة عكسية.

وبالتالى الوسط الأكبر كثافة ضوئية تكون سرعة الضوء فيه أقل **وبالتالى الإجابة (أ)**

مثال محلول (٢)



ما العلاقة بين معاملات الانكسار فى الشكل المقابل:

(أ) $n_1 > n_2 > n_3$ (ب) $n_2 > n_3 > n_1$

(جـ) $n_3 > n_2 > n_1$ (د) $n_2 > n_1 > n_3$

الحل



من هندسة الشكل يتضح أن:

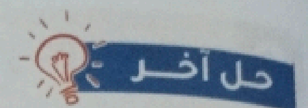
- زاوية الانكسار فى الوسط 2 أقل من زاوية السقوط وبالتالى الشعاع اقترب من العمود المقام وبالتالى يكون الشعاع انتقل من وسط أقل كثافة إلى وسط أكبر كثافة فيكون $n_2 > n_1$
- زاوية السقوط على الوسط 3 تساوى 48° وزاوية الانكسار تساوى 50° فيكون الشعاع انتقل من وسط أكبر كثافة إلى وسط أقل كثافة $n_2 > n_3$

ومن هندسة الرسم أيضا:

نجد أن: $n_3 > n_1$

ولأن $n_1 = n_2 \times \frac{\sin 48}{\sin 60}$ و $n_3 = n_2 \times \frac{\sin 48}{\sin 50}$

فيكون: $n_2 > n_3 > n_1$



حل آخر

تخيل الشعاع فى الوسط الثانى يخرج إلى كل من الوسط الأول والثالث فنجده يخرج إليهما بزوايا انكسار $60°$ و $50°$ وهى أكبر من الزاوية التى سقط بها على كل منهما $48°$ وبالتالى فتكون معاملات انكسارهما أقل من الثانى.

و لأن زاوية الانكسار فى الأول $60°$ أكبر من زاوية الانكسار فى الثالث $50°$ فيكون معامل انكسار الأول أقل من الثالث.

فيكون: $n_2 > n_3 > n_1$

الإجابة الصحيحة (ب)

2 متوازى المستطيلات

- الشكل يوضح سقوط شعاع ضوئى من الهواء إلى الزجاج عند نقطة (A) حيث:

(i) زاوية السقوط.

(r) زاوية الانكسار.

- وبالتالى من الواضح أن زاوية الانكسار (r) أقل من زاوية السقوط (i) لأن الشعاع سقط من وسط أقل كثافة إلى وسط أكبر كثافة فينكسر الشعاع مقرب من العمود المقام.

- وعند نقطة (B) الشعاع يخرج من الزجاج إلى الهواء حيث:

(a) زاوية السقوط.

(b) زاوية الانكسار.

- وبالتالى من الواضح أن زاوية الانكسار (b) أكبر من زاوية السقوط (a) لأن الشعاع سقط من وسط أكبر كثافة إلى وسط أقل كثافة فينكسر الشعاع مبتعدا عن العمود المقام.

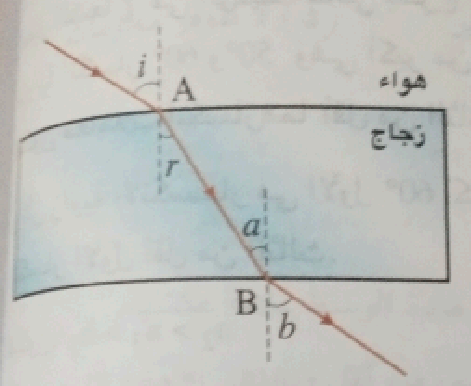
- والشكل يوضح أيضا أن الشعاع الساقط يوازى الشعاع الخارج وبالتالى فإن:

زاوية (r) = زاوية (a)

وزاوية (i) = زاوية (b)

مثال محلول (١)

من الشكل المقابل فإن زاوية الخروج (b) تتوقف على.........



(أ) زاوية الدخول (i)

(ب) معامل انكسار الزجاج

(جـ) زاوية السقوط الثانية (a)

(د) جميع ما سبق



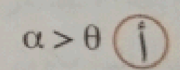
الحل

زاوية الخروج فى متوازى المستطيلات دائما تساوى زاوية الدخول حيث أن الشعاع تحدث له إزاحة فقط ولكنه لا يغير اتجاهه.

الإجابة الصحيحة (أ)

مثال محلول (٢)

فى الشكل الموضح سقط شعاع ضوئى من وسط معامل انكساره n_1 وانكسر فى وسط معامل انكساره n_2 ثم انعكس على مرآة ثم خرج إلى نفس وسط السقوط فيكون.........



(أ) $\alpha > \theta$

(ب) $\alpha < \theta$

(جـ) $\alpha = \theta$

(د) لا توجد معلومات كافية



الحل

عند سقوط الشعاع بزاوية فإنه ينكسر فى الوسط 2 بزاوية معينه ولتكن x ثم ينعكس على المرآة ويسقط مرة أخرى على السطح الفاصل بنفس زاوية x وبالتالى يخرج بنفس الزاوية.

وبالتالى الإجابة (جـ)

3 سقوط الشعاع عمودى على سطح فاصل

(١) الشعاع الساقط عموديا على سطح فاصل: ينفذ دون أن يعانى أى انكسار طبقا لقانون سنل.

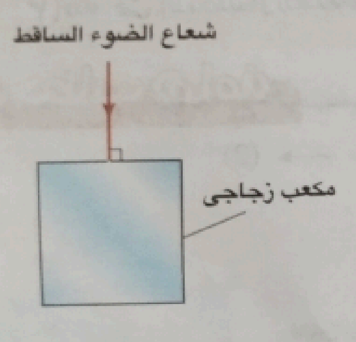
(٢) عند سقوط الشعاع عموديا، تكون زاوية السقوط = زاوية الانكسار = صفر

(٣) عند سقوط الشعاع عموديا على سطح فاصل يتغير كلا من سرعة الشعاع الضوئى وطوله الموجى ولا يتغير تردده أو اتجاهه.



مثال محلول (١)

الشكل يوضح سقوط شعاع ضوئى عموديا على مكعب من الزجاج، أى مما يأتى لا يتغير عند سقوطه على الزجاج.



أ) الاتجاه والتردد

ب) الاتجاه والسرعة

جـ) التردد والسرعة

د) السرعة والطول الموجى



الحل

عند سقوط الشعاع عموديا على سطح فاصل يتغير كلا من سرعة الشعاع الضوئى وطوله الموجى ولا يتغير تردده أو اتجاهه.

الإجابة الصحيحة (أ)



ثالثا أفكـار المسائل
Open book

1 تعويضات مباشرة في قانون معامل الانكسار النسبى بين وسطين وقانون سنل

(١) معامل الانكسار النسبى بين وسطين:

$$_1n_2 = \frac{\sin(\emptyset)}{\sin(\theta)} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1}{_2n_1}$$

(٢) قانون سنل:

$$n_1 \sin(\emptyset) = n_2 \sin(\theta)$$

(٣) معامل الانكسار المطلق لوسط:

$$n = \frac{c}{V}$$

ملاحظات هامة

$$_1n_2 = \frac{n_2}{n_1} \longrightarrow (1)$$

$$_2n_1 = \frac{n_1}{n_2} \longrightarrow (2)$$

$$_1n_2 = \frac{1}{_2n_1}$$

$$_1n_2 \times {_2n_1} = 1$$

$$\frac{_1n_2}{_2n_1} = \frac{n_2}{n_1} \times \frac{n_2}{n_1} = \frac{n_2^2}{n_1^2}$$

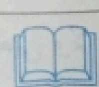
$$\frac{n_2}{n_1} = \sqrt{\frac{_1n_2}{_2n_1}}$$

مثال محلول (١)

إذا كان معامل الانكســـار المطلق للماء $\frac{4}{3}$ ومعامل الانكسار المطلق للزجاج $\frac{3}{2}$ فأوجد:

(أ) معامل الانكسار النسبى من الماء إلى الزجاج

(ب) معامل الانكسار النسبى من الزجاج إلى الماء



هذه العلامة تشير إلى تدريبات من الكتاب المدرسى



الحل:

(أ) معامل الانكسار النسبى من الماء إلى الزجاج:

$$_1n_2 = \frac{n_2}{n_1} = \frac{3}{2} \times \frac{3}{4} = \frac{9}{8}$$

(ب) معامل الانكسار النسبى من الزجاج إلى الماء:

$$_2n_1 = \frac{n_1}{n_2} = \frac{4}{3} \times \frac{2}{3} = \frac{8}{9}$$



مثال محلول (٢)

إذا سقط شعاع ضوئى على سطح لوح زجاجى معامل انكساره 1.5 بزاوية سقوط 30° فاحسب زاوية الانكسار.



$$n = \frac{Sin\ \emptyset}{Sin\ \theta} \Rightarrow 1.5 = \frac{Sin\ 30}{Sin\ \theta} \Rightarrow \therefore \theta = 19^\circ 28^0$$

مثال محلول (٣)

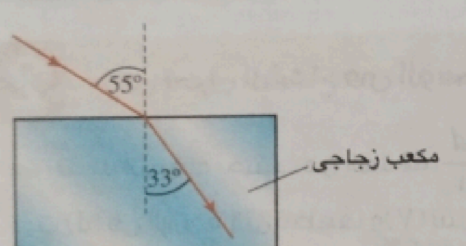
شعاع ضوئى يسقط من الهواء على الزجاج كما بالشكل فإذا كانت سرعة الضوء فى الهواء $(3 \times 10^8\ m/s)$ تكون سرعة الضوء فى الزجاج ....

(أ) $1.8 \times 10^8\ m/s$

(ب) $2 \times 10^8\ m/s$

(جـ) $4.5 \times 10^8\ m/s$

(د) $5 \times 10^8\ m/s$



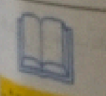


$$\frac{\sin(\emptyset)}{\sin(\theta)} = \frac{V_1}{V_2}$$

$$\frac{\sin(55)}{\sin(33)} = \frac{3 \times 10^8}{V_2}$$

$$V_2 = 2 \times 10^8 m/s$$

الإجابة الصحيحة (ب)



مثال محلول (٤)

شـــعاع ضوئى طوله الموجى فى الهواء $6000A^\circ$ وفى الماء $4500A^\circ$ فتكون ســرعة الضوء فى الماء.....

(أ) 2.25×10^8 m/s (ب) 5×10^{14} m/s

(جـ) 4×10^8 m/s (د) 3×10^8 m/s



$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

$$\frac{3 \times 10^8}{V_2} = \frac{6000}{4500} \Rightarrow V_2 = 2.25 \times 10^8\ m/s$$

الإجابة الصحيحة (أ)

2 زمن تحرك الشعاع فى الوسط

زمن تحرك الشعاع يحسب من العلاقة: $t = \frac{d}{v}$

حيث (d) هى الإزاحة التى قطعها و(V) سرعة الشعاع فى الوسط.

مثال محلول (١)

المسافة التى يقطعها الضوء عند سقوطه من الهواء على شريحة زجاجية معامل انكسارها 1.5 فى زمن قدره نانوثانية تساوى...... سم.

(أ) 45 (ب) 40 (جـ) 30 (د) 20

الحل

$$V = \frac{c}{n} = \frac{3 \times 10^8}{1.5} = 2 \times 10^8 m/s$$

$$d = Vt = 2 \times 10^8 \times 1 \times 10^{-9} = 0.2\text{m} = 20\text{ cm}$$

فتكون الإجابة (د)



تداخل الضوء والحيود

أولا تداخل الضوء

* تجربة الشق المزدوج لتوماس ينج

◉ أجرى توماس ينج تجربة لدراسة ظاهرة تداخل الضوء فيما يعرف باسم تجربة الشق المزدوج كما هو موضح بالشكل.

◉ فى هذا الشكل مصدر ضوئى أحادى اللون (أى أن الطول الموجى له قيمة واحدة) يقع على بعد مناسب من حاجز (s) به فتحة مستطيلة ضيقة تمر خلالها أمواج اسطوانية نحو حاجز آخر به فتحتان ضيقتان مستطيلتان (s_1 , s_2) تعملان كشق مزدوج. تقع (s_1 , s_2) على نفس صدر الموجة لذلك تكون الموجات التى تصلها لها نفس الطور.

الهدبة المضيئة الثالثة
الهدبة المظلمة الثالثة
الهدبة المضيئة الثانية
الهدبة المظلمة الثانية
الهدبة المضيئة الأولى
الهدبة المظلمة الأولى
الهدبة المركزية
الهدبة المظلمة الأولى
الهدبة المضيئة الأولى
الهدبة المظلمة الثانية
الهدبة المضيئة الثانية
الهدبة المظلمة الثالثة
الهدبة المضيئة الثالثة

S_1 S S_2

- وتسلك الفتحتان المستطيلتان سلوك المصادر المترابطة، وهى تلك المصادر التى تكون موجاتها متساوية التردد والسعة ولها نفس الطور
- وعلى الحائل تتراكب أمواج الحركتين الموجيتين القادمتين إليه من (s_1 , s_2) ونتيجة لذلك تظهر مجموعة التداخل وهى عبارة عن مناطق مستقيمة متوازية مضيئة تتخللها مناطق مظلمة تعرف باسم (هدب التداخل).

وتحسب المسافة بين هدبتين متتاليتين من نفس النوع

$$\Delta y = \frac{\lambda R}{d}$$

حيث: Δy هى المسافة بين هدبتين متتاليتين من نفس النوع.

R هى المسافة بين الشق المزدوج والحائل.

d المسافة بين الفتحتين المستطيلتين الضيقتين.

λ الطول الموجى للضوء المستخدم.

لذلك تستخدم هذه التجربة فى تعيين الطول الموجى لضوء أحادى اللون.

فكرة وتطبيق

1 أنواع التداخل

تداخل الضوء: هو تراكب موجات الضوء الصادرة من مصدرين مترابطين.

المصادر المترابطة: مصادر متفقة فى التردد والسعه ولها نفس الطور

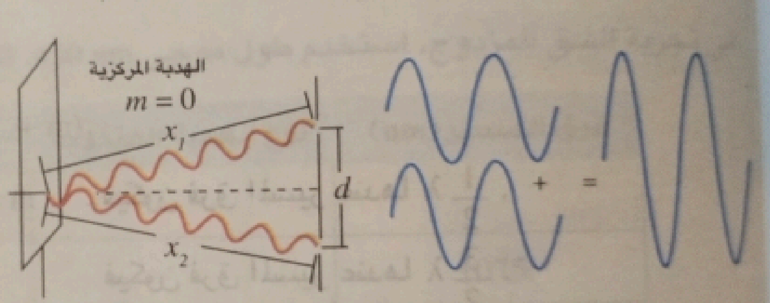
التداخل البنائى:

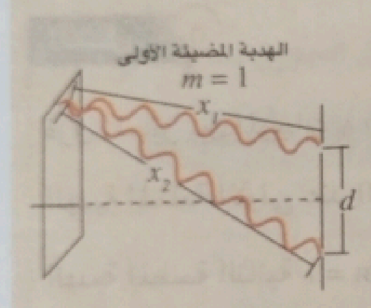
إذا تقابلت قمة من الموجة الأولى مع قمة من الموجة الثانية، تكون شدة الموجة المحصلة لهم عالية (تساوى المجموع الجبرى لسعة الموجتين) ويسمى هذا **بالتداخل البنائى**.

ويحدث عندما يكون فرق المسير بين الموجتين أما (**صفر**) كما فى **الهدبة المركزية** أو عدد صحيح من الأطوال الموجية.

وبالتالى شرط حدوث التداخل البنائى هو:

فرق المسير = $m\lambda$ حيث $m = 0, 1, 2, ...$





وبالتالى تكون الهدبة المركزية مضيئة لأن فرق المسير عندها صفر

الهدبة المضيئة الأولى فرق المسير عندها λ.

الهدبة المضيئة الثانية فرق المسير عندها 2λ وهكذا.

التداخل الهدمى:

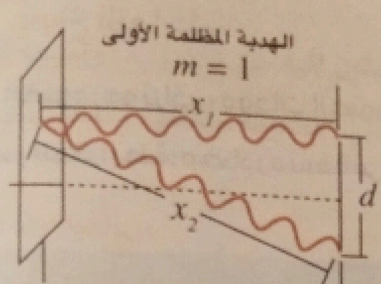
إذا تقابلت قمة من الموجة الأولى مع قاع من الموجة الثانية، تكون شدة الموجة المحصلة لهم صفر (تساوى الموجوع الجبرى لسعة الموجتين) بشرط أن يكون لهم نفس السعه ويسمى هذا **بالتداخل الهدمى**.

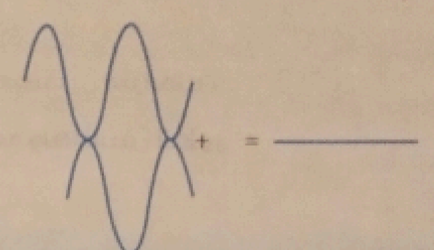
ويحدث عندما يكون فرق المسير بين الموجات $(m + \frac{1}{2})\lambda$.

حيث $m = 0, 1, 2, ...$

وبالتالى تكون الهدبة المظلمة الأولى فرق المسير عندها $\frac{1}{2}\lambda$.

الهدبة المظلمة الثانية فرق المسير عندها $\frac{3}{2}\lambda$ وهكذا.





مثال محلول (١)

فى تجربة الشـــق المزدوج لينج يكون فرق المســـير بين أمواج الشـــقين عند الهدبة المظلمة الثالثة تساوى ....

(أ) $\frac{7\lambda}{2}$ (ب) $\frac{5\lambda}{2}$ (جـ) $\frac{3\lambda}{2}$ (د) $\frac{\lambda}{2}$

الحل

فرق المسير بين الموجات $\lambda(m + \frac{1}{2})$.

الهدبة المظلمة الأولى عند $m = 0$ فيكون فرق المسير عندها $\lambda \frac{1}{2}$.

الهدبة المظلمة الثانية $m = 1$ فيكون فرق المسير عندها $\lambda \frac{3}{2}$.

الهدبة المظلمة الثالثة $m = 2$ فيكون فرق المسير عندها $\lambda \frac{5}{2}$.

الإجابة الصحيحة (ب)

مثال محلول (٢)

اكمل الجدول المقابل:

حركة الموجتان	نوع التداخل الحادث	شكل الموجة الناتجة بعد التداخل
A → ← B (قمتان)		
A → ← B (قمة وقاع)		

الحل

حركة الموجتان	نوع التداخل الحادث	شكل الموجة الناتجة بعد التداخل
A B	بنائى	
A B	هدمى	



فى تجربة الشق المزدوج، استخدم طول موجى 430 nm، أكمل الجدول بما يناسبه.

فرق المسير (nm)	نوع الهدبة المتكونه	رتبة الهدبة
		0
1075		

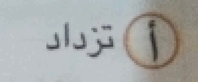


فرق المسير (nm)	نوع الهدبة المتكونه	رتبة الهدبة
صفر	مضيئة (مركزية)	0
1075	مظلمة	$\frac{\text{فرق المسير}}{\lambda} = \frac{1075}{430} = 2.5$ الهدبة المظلمة الثالثة

2 العوامل التى يتوقف عليها المسافة بين هدبتين متتاليتين من نفس النوع

$$\Delta y = \frac{\lambda R}{d}$$

العامل	الرسم البيانى الموضح	الميل
الطول الموجى للضوء المستخدم.	ΔY ، λ	$slope = \frac{R}{d}$
المســافة بين الشــق المزدوج والحائل.	ΔY ، R	$slope = \frac{\lambda}{d}$
المســافة بين فتحتى الشق.	ΔY ، $\frac{1}{d}$	$slope = \lambda R$



فى تجربة ينج يتم اســتخدام ضوء ليزر اخضر ثم أعيدت باســتخدام ضوء ليزر احمر فإن المسافة بين كل هدبتين متتاليتين من نفس النوع.

(أ) تزداد (ب) تقل (جـ) تبقى ثابتة (د) تنعدم



مــن المعروف فى الدروس الســابقة أن أكــبر الألوان طول موجى هو الأحمــر وبالتالى عند استخدام الضوء الأحمر تزداد قيمة Δy حيث $\Delta y \propto \lambda$.

الإجابة الصحيحة (أ)

مثال محلول (٢)

اى من العوامل الآتية يؤدى إلى تباعد الأهداب المضيئة عن بعضها البعض فى تجربة الشق المزدوج.

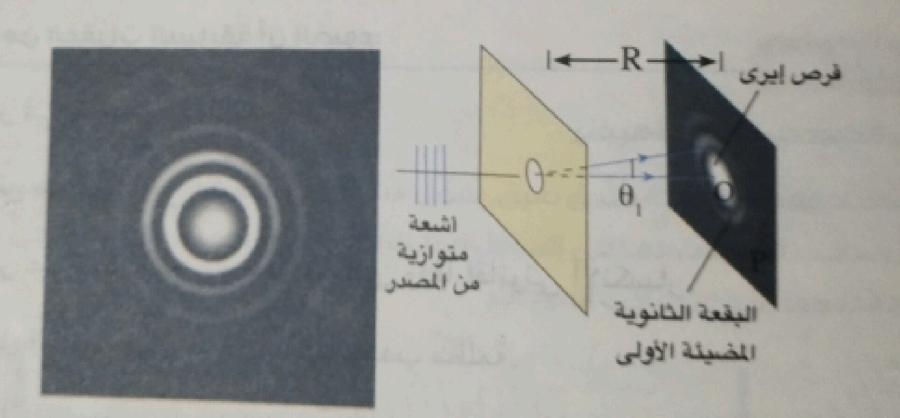
(أ) انعكاس الطول الموجى
(ب) زيادة المسافة بين الشقين
(ج) إنقاص بعد الحائل عن الشقين
(د) إنقاص المسافة بين الشقين

الحل

تباعد الأهداب عن بعضها معناه زيادة قيمة Δy .

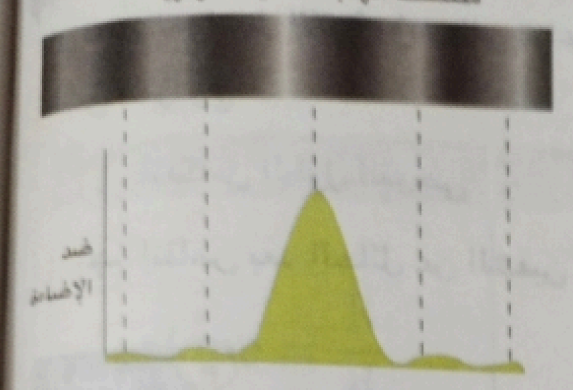
وبالتالى الاختيار المناسب هو (د) حيث $\Delta y \propto \frac{1}{d}$

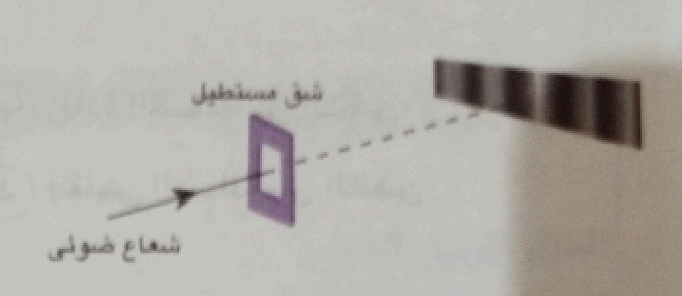
ثانيا حيود الضوء



- عندما يسقط ضوء أحادى الطول الموجى على فتحه دائرية فى حاجز فإننا نتوقع تبعا لمعلوماتنا عن انتشار الضوء فى خطوط مستقيمة أن تتكون على الحائل الموضح بالشكل بقعة دائرية مضيئة محددة.
- لكن بدراسة البقعة المضيئة عن قرب (دراسة توزيع الإضاءة على الحائل) تظهر هدبة مركزية مضيئة تسمى (قرص إيرى) وأهداب أخرى مظلمة.

• والشكل التالى يوضح أيضا حيود الضوء عن فتحة مستطيلة.





◉ وبصفة عامة يظهر الحيود بوضوح إذا كان الطول الموجى مقاربا لأبعاد فتحة العائق والعكس صحيح.

◉ وجديــر بالذكر أنه لا يوجد فرق جوهرى بين نموذجى التداخل والحيود فكل منهما ينشــأ من تراكب موجات.

الضوء حركة موجية

يتضح لنا من الفقرات السابقة أن الضوء:

١ ينتشر فى خطوط مستقيمة.

٢ ينعكس طبقاً لقانونى الانعكاس.

٣ ينكسر عند انتقاله بين وسطين مختلفين وفقاً لقانونى الانكسار.

٤ يتداخل الضوء وينشأ هدب مضيئة وهدب مظلمة.

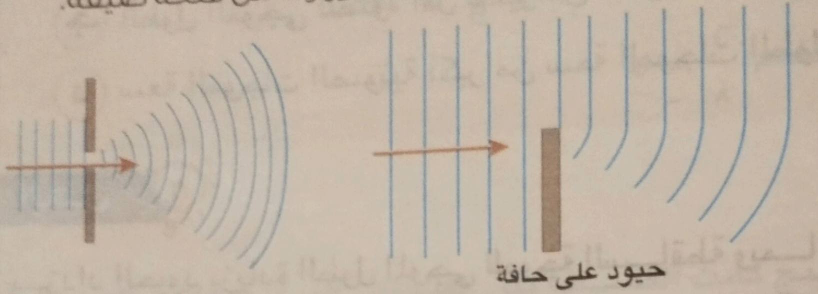
٥ يحيد الضوء عن مساره إذا قابله عائق.

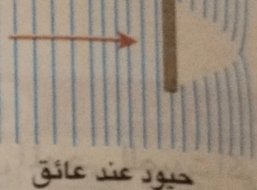
وهذه هى نفس الخصائص العامة للموجات وبالتالى الضوء حركة موجية.

1 الحيود وشرط حدوثه

حيود الضوء:

هو انحراف مسار الموجات عند اصطدامها بحافة عائق أو مرورها من فتحة ضيقة.





يظهر الحيود بوضوح إذا كان الطول الموجى مقاربا لأبعاد فتحة العائق والعكس صحيح.

الحيود يحدث لكافة الموجات (الضوئية والصوتية، وغيرها............).

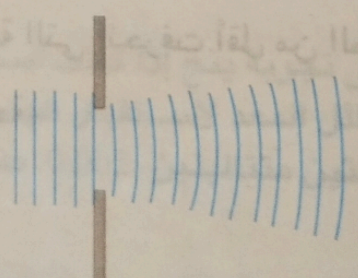
يزداد الحيود بنقصان عرض الفتحة أو بزيادة الطول الموجى للموجة الساقطة.

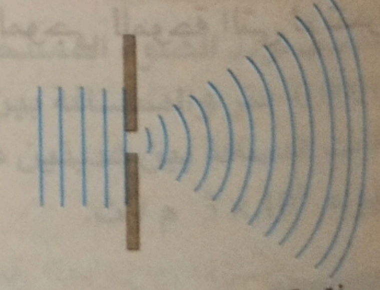
معلومة اثرائية

تفسير الحيود طبقا لمبدأ هيجنز

عند اصطدام مقدمة الموجة بشق ضيق، يعمل الشق كمصدر نقطى يولد أمواج تنتشر خلف الحاجز وتراكب الموجات كما فى التداخل ولذلك لا يوجد فرق جوهرى بين نموذجى التداخل والحيود فكلاهما ينتج عن تراكب الموجات.







مثال محلول (١)

من الصعب ملاحظة حيود الضوء المرئى عن حيود الصوت وذلك لأن........

أ) رصد الموجات الضوئية أصعب من رصد الموجات الصوتية

ب) موجات الضوء مستعرضة بينما موجات الصوت طولية

جـ) الطول الموجى للضوء أقل بكثير من الطول الموجى للصوت

د) سعة الموجات الصوتية أكبر من سعة الموجات الطوليه

الحـل

يــزداد الحيود بزيادة الطول الموجى للموجة الســاقطة وبمــا أن الطول الموجى للصوت أكبر بكثير من الطول الموجى للضوء فيكون حيود الصوت أوضح من حيود الضوء.

الإجابة الصحيحة (جـ)

مثال محلول (٢)

فى الشكل، تمر موجات الضوء الصادرة من مصدر واحد عبــر فتحتين فحدث لأحدهما انحراف بينما تمر الأخرى دون انحراف، قد يكون السبب فى ذلك هو..

أ) عرض الشقين مختلف

ب) تردد الموجتين مختلف

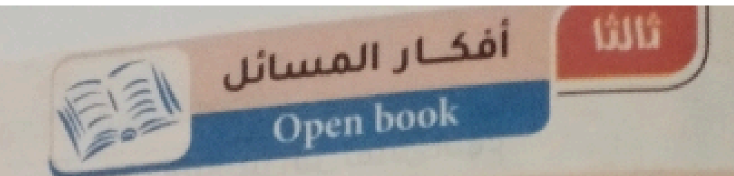
جـ) الطول الموجى للموجة التى انحرفت أقل من الطول الموجى للموجة التى لم تنحرف

د) لا توجد إجابة صحيحة

الحـل

يزداد الحيود بنقصان عرض الفتحة أو بزيادة الطول الموجى للموجة الساقطة.

الإجابة الصحيحة (أ)



1 قوانين وتعويضات مباشرة

(١) المسافة بين هدبتين متتاليتين من نفس النوع: $\Delta y = \frac{\lambda R}{d}$

(٢) حساب تردد الضوء المستخدم: $\upsilon = \frac{C}{\lambda}$

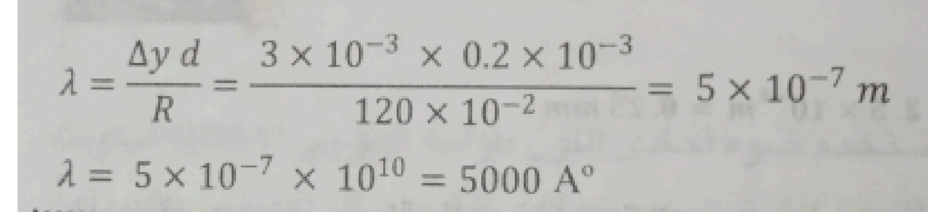
مثال محلول (١)

فى تجربة الشق المزدوج لينج كانت المسافة بين الفتحتين المستطيلتين الضيقتين تساوى 0.2 mm، وكانت المسافة بين الشق والحائل المعد لاستقبال الهدب 120 سم، وكانت المسافة بين هدبتين مضيئتين متتاليتين 3 مم. احسب الطول الموجى للضوء المستخدم الأحادى اللون بالأنجستروم.

(1 انجستروم = 10^{-10} متر)

دور أول 2003

الحل



$$\lambda = \frac{\Delta y\, d}{R} = \frac{3 \times 10^{-3} \times 0.2 \times 10^{-3}}{120 \times 10^{-2}} = 5 \times 10^{-7}\, m$$

$$\lambda = 5 \times 10^{-7} \times 10^{10} = 5000\ \text{A}^{\circ}$$

مثال محلول (٢)

احسب تردد الضوء المستخدم فى تجربة ينج إذا كانت المسافة بين الفتحتين الضيقتين 0.00015 متر والمسافة بين الحائل المعد لاستقبال الهدب والشق المزدوج 0.75 متر وكانت المسافة بين هدبتين مضيئتين متتاليتين 0.002 متر. علما بأن سرعة الضوء فى الهواء 3×10^{8} م / ث.



$$\lambda = \frac{\Delta y\, d}{R} = \frac{0.002 \times 0.00015}{0.75} = 4 \times 10^{-7}\, m$$

$$\upsilon = \frac{C}{\lambda} = \frac{3 \times 10^{8}}{4 \times 10^{-7}} = 7.5 \times 10^{14}\, Hz$$

2

- Δy هى المسافة بين هدبتين متتاليتين من نفس النوع.
- أما المسافة بين هدبة مضيئة والهدبة المظلمة التى تليها فتساوى $\frac{1}{2}\Delta y$.
- أما إذا أعطى مسافة من هدبة مضيئة وهدبة مضيئة أخرى فتحسب من العلاقة:

$$\Delta y = \frac{2X}{N}$$

حيث N هى عدد الأهداب المضيئة والمظلمة وX هى مسافة الأهداب.

مثال محلول (١)

فى تجربة يونج سقط شعاع ضوئى طوله الموجى $5000A°$ وكانت المسافة بين الفتحتين 2mm والمسافة بين الشق المزدوج والحائل 1m فتكون المسافة بين هدبة مضيئة والهدبة المظلمة التى تليها .... mm.

(أ) 0.25 (ب) 0.125 (جـ) 1.5 (د) 0.5



$$\Delta y = \frac{\lambda R}{d} = \frac{5000 \times 10^{-10} \times 1}{2 \times 10^{-3}} = 2.5 \times 10^{-4} m = 0.25\ mm$$

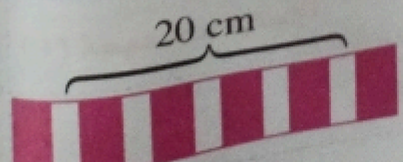
المسافة بين هدبة مضيئة والهدبة المظلمة التى تليها فى تساوى $\frac{1}{2}\Delta y$.

$$X = \frac{1}{2}\Delta y = \frac{0.25}{2} = 0.125\ mm$$

الإجابة الصحيحة (ب)

مثال محلول (٢)

الشكل يوضح الأهداب المتكونة على حائل فى تجربة الشق المزدوج، فإذا كان البعد بين الشق المزدوج والحائل 100 سم والمسافة بين الشقين 0.01 mm فيكون الطول الموجى للضوء المستخدم............ انجستروم.



(أ) 3000 (ب) 4000
(جـ) 5000 (د) 6000



$$\lambda = \frac{\Delta y\, d}{R} = \frac{5\times10^{-2} \times 0.01\times10^{-3}}{100\times10^{-2}} = 5\times10^{-7}\ m$$

$$\lambda = 5\times10^{-7} \times 10^{10} = 5000\ A^{\circ}$$

الإجابة الصحيحة (جـ)

3 مسائل النسب

$$\frac{\Delta y_1}{\Delta y_2} = \frac{\lambda_1 R_1 d_2}{\lambda_2 R_2 d_1}$$

(١) عند استخدام ضوئين مختلفين فى الطول الموجى مع ثبوت باقى العوامل: $\frac{\Delta y_1}{\Delta y_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$

(٢) عند تغيير المسافة بين الشق المزدوج والحائل وإجراء التجربة مع ثبوت باقى العوامل.

$$\frac{\Delta y_1}{\Delta y_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

(٣) عند تغيير المسافة بين الشقين وإجراء التجربة مع ثبوت باقى العوامل: $\frac{\Delta y_1}{\Delta y_2} = \frac{d_2}{d_1}$

مثال محلول (١)

فى تجربة الشق المزدوج استخدم ضوء أحادى اللون طوله الموجى $6000A^{\circ}$ فتكونت هدب على حائل يبعد مسافة (R) عن الشق المزدوج والمسافة بين كل هدبيتين مضيئتين متتاليين Δy_1 فاذا استخدم ضوء أحادى اللون طوله الموجى $4000A^{\circ}$ وزادت المسافة بين الشق المزدوج والحائل الى الضعف وكانت المسافة بين كل من هدبتين مضيئتين متتالين Δy_2 فتكون النسبة بين $(\frac{\Delta y_1}{\Delta y_2})$

(أ) $\frac{3}{4}$ (ب) $\frac{4}{3}$ (جـ) $\frac{6}{4}$ (د) $\frac{1}{3}$



$$\frac{\Delta y_1}{\Delta y_2} = \frac{\lambda_1 R_1}{\lambda_2 R_2} = \frac{6000 \times R}{4000 \times 2R} = \frac{3}{4}$$

الإجابة الصحيحة (أ)

4 رسم بيانى

مثال محلول (١)

الشكل المقابل يوضح العلاقة بين هدبتين متتاليتن من نفـس النوع علــى المحور الرأســى ومقلوب البعد بين الشـقين على المحور الأفقى، فى تجربة الشـق المزدوج، فإذا علمت أن المسافة بين الشق المزدوج والحائل 1 متر.

مـن البيانـات الموضحـة يكون الطـول الموجى للضوء المستخدم = ... انجستروم.

(أ) 3000 (ب) 4000

(ج) 5000 (د) 6000



$$slope = \lambda R$$

$$slope = \frac{(24-12)\times10^{-3}}{(4-2)\times10^{4}} = 6\times10^{-7}$$

$$\lambda\times1 = 6\times10^{-7}$$

$$\lambda = 6\times10^{-7}m = 6000\ A^{\circ}$$

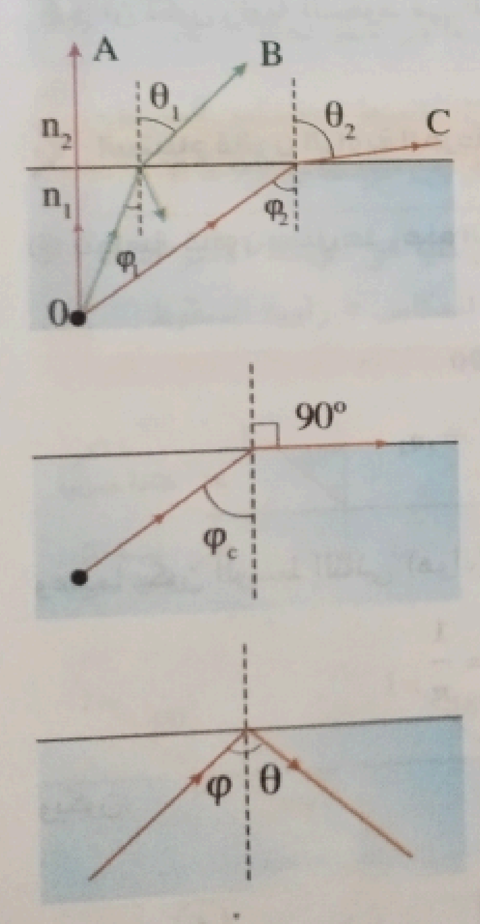
الإجابة الصحيحة (د)

الفصل
2

الدرس
الرابع

الانعكاس الكلى والزاوية الحرجة

الانعكاس الكلى والزاوية الحرجة



إذا انتقل شـعاع ضوئى من وسط أكبر كثافة ضوئية (مـاء) إلى وسـط أقل كثافـة ضوئية (هواء) فإن الشـعاع ينكسر مبتعداً عن العمود. ومع زيادة قيمة زاوية السـقوط فى الوسط الأكبر كثافة (معامل انكساره المطلق كبير) تزداد قيمة زاوية الانكسار فى الوسط الأقل كثافة (معامل انكساره المطلق صغير).

عندما تبلغ زاوية السقوط قيمة معينة تبلغ زاوية الانكسار أكبر قيمة لها = 90°، ويخرج الشـعاع المنكسر مماسا للسطح الفاصل وتسمى زاوية السـقوط فى الحالـة (الزاوية الحرجة ϕ_c).

وإذا زادت زاوية السـقوط فى الوسـط الأكبر كثافة عن الزاويـة الحرجة، فإن الشـعاع لا ينفذ إلى الوسـط الثانى وإنما ينعكس كليا داخل الوسط كما هو موضح بالشكل.

وبالتالى فإن:

الانعكاس الكلى:

انعكاس الأشــعة الضوئية داخل الوسط الأكبر كثافة ضوئية عندما تكون زاوية السقوط أكبر من الزاوية الحرجة.

الزاوية الحرجة ϕ_c:

زاوية ســقوط فى الوســط الأكبر كثافة ضوئية تقابلها زاوية انكســار فى الوسط الأقل كثافة ضوئية تساوى 90°.

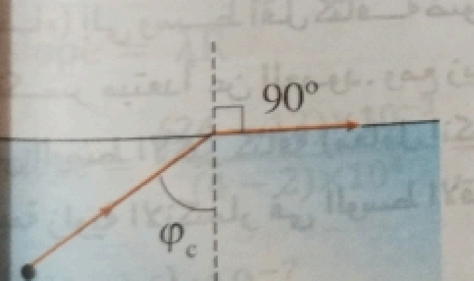
شروط حدوث الانعكاس الكلى:

١ سقوط الأشعة من وسط أكبر كثافة ضوئية إلى وسط أقل كثافة ضوئية.

٢ أن تكون زاوية السقوط فى الوسط الأكبر كثافة أكبر من الزاوية الحرجة.

استنتاج قانون الزاوية الحرجة

بتطبيق قانون سنل على هذه الحالة:



$$n_1 \sin\phi = n_2 \sin\theta$$

$$n_{\text{أكبر}} \sin\phi_C = n_{\text{أقل}} \sin 90$$

$$\therefore \sin\phi_C = \frac{n_2}{n_1} = \frac{n_{\text{أقل}}}{n_{\text{أكبر}}} = {}_1n_2$$

وعندما يكون الوسط الثانى (هواء) $n_2 = 1$ حينئذ تكون العلاقة كما يلى:

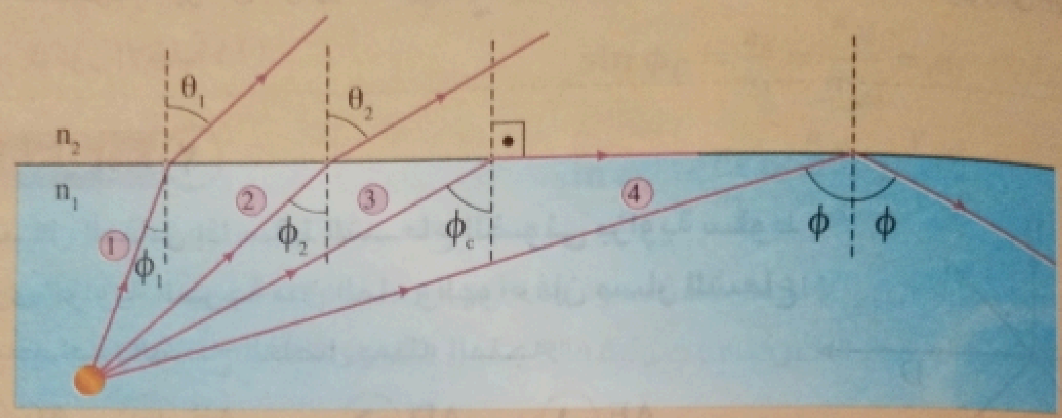
$$\therefore \sin\phi_C = \frac{n_2}{n_1} = \frac{n_{\text{أقل}}}{n_{\text{أكبر}}} = \frac{1}{n}$$

ويكون:

$$n = \frac{1}{\sin(\varphi_c)}$$

فكرة وتطبيق

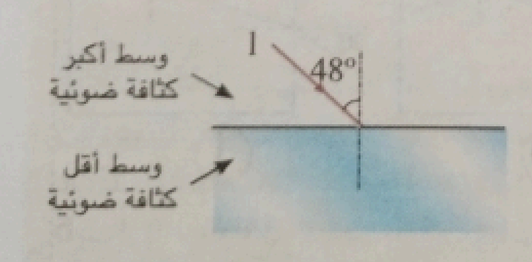
1 حالات الشعاع الساقط من وسط أكبر كثافة إلى وسط أقل كثافة

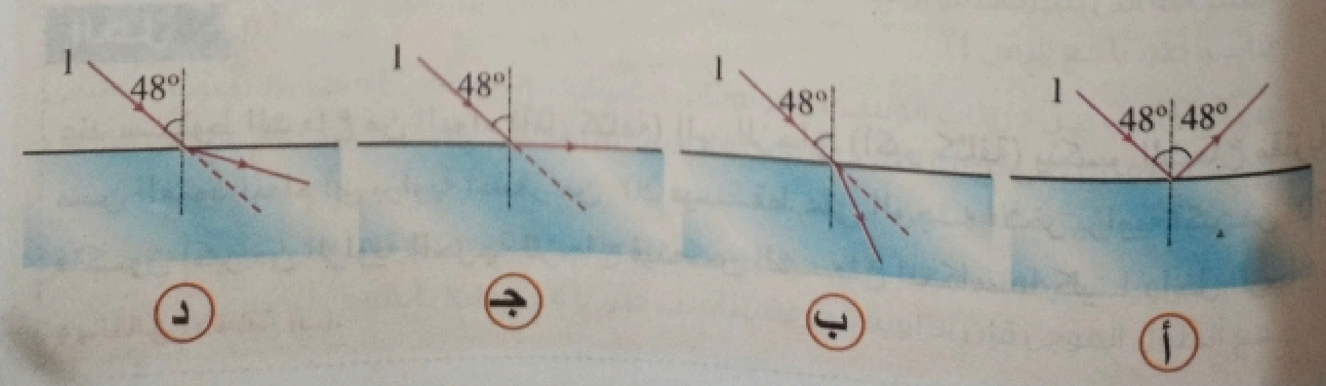


الاحتمال	النتيجة
(١) إذا كانت زاوية السقوط أقل من الزاوية الحرجة $(\phi < \phi_c)$ كما فى الشعاعين (1) و(2)	ينكسر الشعاع مبتعدا عن العمود ونطبق قانون سنل لحساب θ.
(٢) إذا كانت زاوية السقوط تساوى من الزاوية الحرجة $(\phi = \phi_c)$ كما فى الشعاع (3)	يخرج الشعاع مماس للسطح الفاصل بين الوسطين $\theta = 90^\circ$
(٣) إذا كانت زاوية السقوط أكبر من الزاوية الحرجة $(\phi > \phi_c)$ كما فى الشعاع (4)	ينعكس كليا فى الوسط الأكبر كثافة بزاوية انعكاس = زاوية السقوط

مثال محلول ١

إذا كانت الزاوية الحرجة 42°، فيكون الشكل الصحيح الذى يحدث للشعاع الساقط هو ....







زاويـة السـقوط أكبر من الزاوية الحرجـة وبالتالى يحدث للشـعاع انعكاس كلى فى نفس الوسط. **فتكون الإجابة (أ)**

مثال محلول (٢)

فى الشـكل المقابل إذا سقط الشـعاع الضوئى بزاوية سقوط تسـاوى الزاوية الحرجة بين الماء والهواء فإن مسار الشعاع بعد اصطدامه بالسطح الفاصل يمثله المتجه:

B
C
هواء
A
D
ماء
F

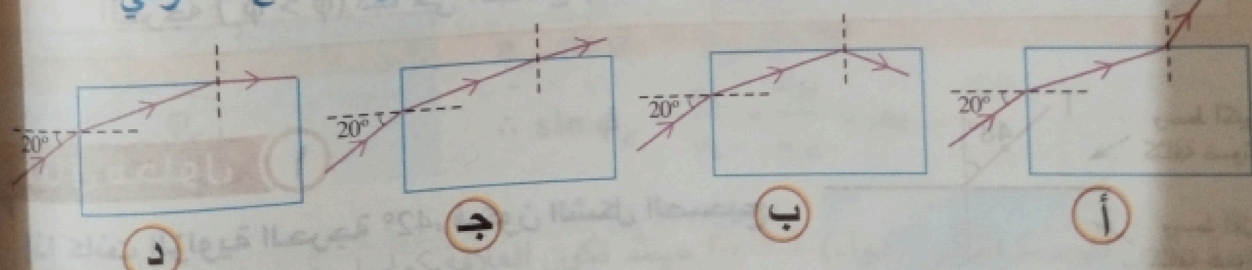
(أ) AC (ب) AB (جـ) AD (د) AF

الحل

إذا كانت زاوية السـقوط تساوى من الزاوية الحرجة ($\phi = \phi_c$) يخرج الشعاع مماس للسطح الفاصل بين الوسطين $\theta = 90^\circ$، **وبالتالى الإجابة (جـ)**

مثال محلول (٣)

سقط شعاع ضوئى من الهواء بزاوية مقدارها 20°، على سطح متوازى مستطيلات معامل انكسار مادته 1.42، أى الأشكال الآتية يوضح المسار الصحيح للشعاع الضوئي.



الحل

عند سـقوط الشعاع من الهواء (أقل كثافة) إلى الزجاج (أكبر كثافة) ينكسر الشعاع مقتربا مـن العمود المقام أى بزاوية أصغر من 20° فيسـقط على الوجـه الآخر بزاوية أكبر من 70° فتكـون أكبر من الزاوية الحرجة للزجاج فينعكس الشـعاع انعكاسـا كليـا داخل الزجاج،

وبالتالى الإجابة (ب).

2 علاقات الزاوية الحرجة

١ علاقة الزاوية الحرجة بسرعة الضوء فى الوسطين:

حيث أن: $\sin \phi_C = \frac{n_2}{n_1} = \frac{n_{\text{أقل}}}{n_{\text{أكبر}}} = {}_1n_2$

فإن: $\sin \phi_C = \frac{n_2}{n_1} = \frac{n_{\text{أقل}}}{n_{\text{أكبر}}} = \frac{V_{\text{أكبر}}}{V_{\text{أقل}}}$

فيجب الانتباه أن $V_{\text{أكبر}}$ ليس المقصود بها قيمة السرعة الكبيرة ولكن المقصود بها هو السرعة فى الوسط الأكبر كثافة ضوئية والتى تكون قيمتها صغيرة.

٢ علاقة الزاوية الحرجة بعدد الانعكاسات الكلية المحتملة داخل الوسط:

حيث أنه بزيادة معامل انكسار الوسط تقل الزاوية الحرجة له فسيصبح احتمال خروج الشعاع من الوسط لوسط آخر أقل فى الكثافة الضوئية احتمالا أقل حيث يزداد احتمال حدوث انعكاسات كلية داخل الوسط الأكبر كثافة.

مثال: معامل انكسار الماس أكبر من معامل انكسار الزجاج وبالتالى تكون الزاوية الحرجة للماس صغيرة فتقل فرصة خروج الشعاع الضوئى من الماس ويزداد عدد الانعكاسات الكلية للضوء داخل الماس فيصبح أكثر لمعانا وبريقا من الزجاج.

٣ علاقة الزاوية الحرجة بالطول الموجى للضوء الساقط:

تعتمد سرعة الضوء فى وسط على نوع الوسط فقط بينما اختلاف الطول الموجى للضوء لا يسبب اختلاف فى السرعة فكل الموجات الكهرومغناطيسية لها نفس السرعة طالما كانت فى نفس الوسط.

فإذا افترضنا دخول شعاعين أحدهما أحمر والآخر أزرق فى قطعة زجاج فإن جزيئات الزجاج تتفاعل مع فوتونات اللون الأزرق أكثر من تفاعلها مع الأحمر فيحتاج الأزرق زمن أكبر للمرور فى الزجاج، ولأن سرعة الأزرق والأحمر لا بد أن تكون قيمتها ثابتة لهما فى هذا الوسط فستزداد المسافة التى تتحركها فوتونات الأزرق فيزداد انحرافه (عند ثبوت السرعة **v** تتناسب الإزاحة **d** تناسبا طرديا مع الزمن **t**).

هذا التفاعل بين جزيئات الوسط وفوتونات الضوء هو ما يسمى معامل الانكسار وبالتالى فهو كما يعتمد على قيمة السرعة الثابتة للضوء فى الوسطين فإنه يعتمد أيضا على الطول الموجى (تناسب عكسي).

ولأن الزاوية الحرجة تتناسب عكسيا مع معامل الانكسار ومعامل الانكسار يتناسب عكسيا مع الطول الموجى فإن الزاوية الحرجة تتناسب طرديا مع الطول الموجى للضوء.

٤ علاقــة الزاوية الحرجة بنصف قطـر البقعة المضيئة التى تظهرفى الوسـط الأقل كثافة خارجة من مصدر موجود فى الوسط الأكبر كثافة:

إذا كان المصـدر الضوئى موجـود داخل وسـط أكبر كثافة ضوئية فإن الضوء الخارج من الوسـط إلى وسـط أقل فى الكثافـة الضوئية يكون على شـكل دائـرة لأن الضوء خارج حـدود هـذه الدائـرة زاوية سـقوطه تكـون أكبرمـن الزاوية الحرجـة وبالتالى تنعكـس مرة أخرى انعكاسـا كليـا داخل الوسط الاكبر كثافة ولا تخرج إلى الوسط الأقل كثافة.

ولحسـاب نصف قطر البقعة المضيئة (r): من هندسـة الشـكل نجد أن نصف قطر البقعة المضيئـة هـو المقابل للزاوية الحرجة وأن عمق المصدر (h) هو المجاور للزاوية الحرجة فيكون

$$r = h \tan \phi c$$

وبالتالى.. يتناسب نصف قطر البقعة المضيئة تناسبا طرديا مع الزاوية الحرجة.

مثال محلول ١

عنـد وضع مصدر ضوئى أزرق اللون فى مركز مكعب مصمت من الزجاج . يواجه كل وجه من أوجهه الجانبية حائل أبيض . ظهرت بقعة مضيئة دائرية على كل حائل قطرها مسـاو تقريبـا لطول ضلع المكعب، فعند اسـتبدال مصدر الضوء الأزرق بآخـر أحمر اللون، من المحتمل أن يكون شكل البقعة المضيئة فى هذه الحالة......

أ) بقعة دائرية مضيئة بنفس أبعاد بقعة الضوء الأزرق

ب) بقعة دائرية مضيئة أبعادها أقل من أبعاد بقعة الضوء الأزرق

جـ) بقعة مربعة الشكل تغطى وجه المكعب

د) لا توجد معلومات كافيه

الحل

يتناسـب معامل انكســار المادة للضوء عكســيا مع الطول الموجى للضوء الســاقط، وأيضا يتناســب معامل الانكسار عكسيا مع معامل الانكسار طبقا للعلاقة: $\frac{1}{n} = \sin \phi_c$ فإن قيمة الزاوية الحرجة للضوء تتناســب طرديا مع الطول الموجى له. ففى حالة الضوء الأحمر الذى طولـه الموجى أكبر تكون الزاوية الحرجة له أكبر، ولأن نصف قطر البقعة المضيئة يتناسـب طرديا مع الزاوية الحرجة وفقا للعلاقة $r = h \tan \phi_c$ فإن نصف قطر البقعة الدائرية سيكون أكبر فى حالة الضوء الأحمر وقد يكون كبيرا بالقدر الكافى ليغطى أبعاد وجه المكعب تماما فينفذ الضوء الأحمر من كامل وجه المكعب ليبدو شكل البقعة المضيئة على الحائل مربعا مثل شكل وجه المكعب الذى يخرج منه الضوء. **فتكون الإجابة (جـ)**

مثال محلول (٢)

الزاوية الحرجة للضوء عند مروره من الزجاج للهواء تكون أصغر للضوء..........

أ) الأحمر ب) الأخضر جـ) الأصفر د) البنفسجي

الحل

الضوء البنفسجي أصغر الألوان طول موجي وبالتالى أقل زاوية حرجة حسب العلاقة: $\sin \phi_c \propto \lambda$

فتكون الإجابة (د)

تطبيقات على الانعكاس الكلى

أولاً الألياف الضوئية

◉ يبين الشكل المقابل ليفة ضوئية وهى عبارة عن:

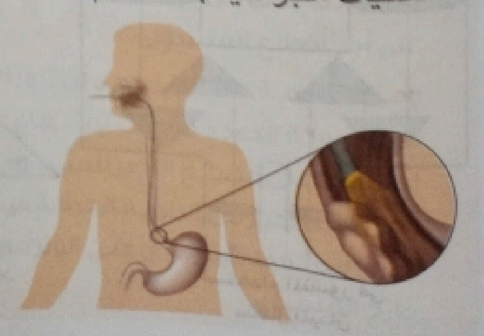
قضيب مصمت رفيع من مادة مرنة شفافة إذا دخل الضوء من احد طرفيه فإنه يعانى انعكاسات كلية متتالية حتى يخرج من الطرف الآخر وهى حزمة مرنة قابلة للإنثناء بحيث تصل للأماكن التى يصعب الوصول اليها.

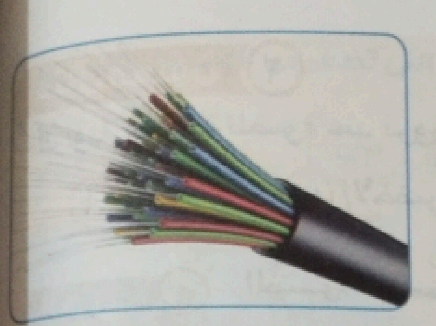
D θ_i θ_f $90^o - \theta$
شعاع ١
شعاع ٢

الاستخدام:

١) **الفحوص الطبية:** مثل المناظير الطبية التى تستخدم فى التشخيص، كما تستخدم فى إجراء العمليات الجراحية باستخدام أشعة الليزر.







(٢) **الاتصالات الكهربية:** عن طريق تحميل الضوء ملايين الإشارات الكهربية فى كابلات من الألياف الضوئية.

(٣) الوصـــول إلى أماكن يصعب الوصـــول إليها، ونقل الضوء دون فقد يذكر فى الشدة الضوئية.

كيف تعمل الألياف الضوئية

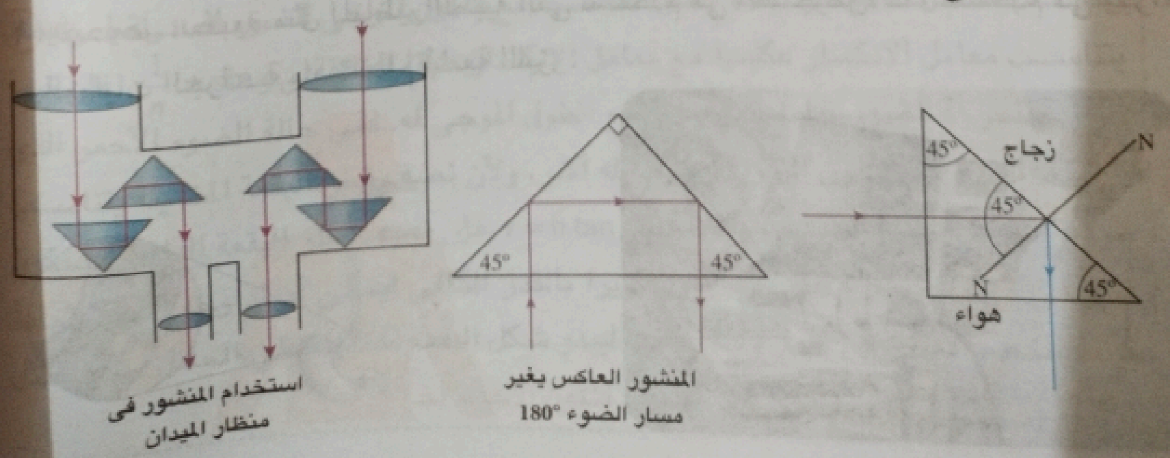
- إذا كان لدينا أنبوبة مجوفة ونظرنا من أحد طرفيها لترى جسما مضيئا فى الطرف الآخر فإنه يمكن رؤيته أما إذا حدث انثناء للأنبوبة فلا يمكن رؤية الجسم المضئ.

وفى هذه الحالة كيف يمكن رؤيته؟

- إذا وضعنا مرايا عاكســـة عند موضع ســـقوط الشعاع الضوئى فإنه فى هذه الحالة يمكن رؤية الجسم المضئ.
- وبالمثل يمكن اســـتخدام الأشعة الضوئية عند سقوط شعاع ضوئى بزاوية سقوط أكبر من الزاوية الحرجة تحدث له انعكاسات كلية متتالية حتى يخرج من الطرف الآخر دون فقد يذكر فى الشدة الضوئية رغم انثناء الليفة.

ثانيا المنشور العاكس

- نظرا لأن الزاوية الحرجة بين زجاج معامل انكساره 1.5 والهواء هى $42°$ فإن منشورا زجاجيا زواياه ($90°$، $45°$، $45°$) يســـتخدم فى تغيير مســـار حزمة ضوئية بمقـــدار $90°$ أو $180°$ درجة ومثل هذه المنشـــور يســـتخدم فى بعض الأجهزة البصرية مثل البيرســـكوب الذى يستخدم فى الغواصات وفى مناظير الميدان.



المنشور العاكس يغير مسار الضوء $180°$

استخدام المنشور فى منظار الميدان

◉ **واستخدام المنشور لهذا الغرض أفضل من استخدام السطح المعدنى العاكس (المرآة).**

أولا: لأن الضوء ينعكس فى المنشور انعكاسا كليا ومن النادر أن يتواجد السطح المعدنى العاكس الذى تبلغ كفاءته 100%

ثانيا: السطح المعدنى يفقد بريقه ولمعانه فتقل قابليته لعكس الضوء، وهذا ما لا يحدث فى المنشور.

هناك نسبة من الضوء تفقد عند دخوله أو خروجه من المنشور: ويمكن تجنبها بتغطية السطح الذى يدخل أو يخرج منه الضوء بغشاء رقيق غير عاكس (معامل انكساره أقل من معامل انكسار الزجاج) مثل مادة الكريوليت (فلوريد الألومنيوم وفلوريد الماغنسيوم)

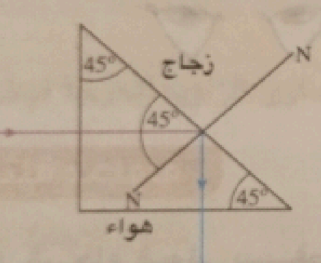
فكرة وتطبيق

1 استخدام المنشور العاكس وتطبيقاته

(١) استخدام المنشور العاكس فى تغيير مسار الشعاع بزاوية 90°

حتى نقوم بتتبع مسار الشعاع، يجب حساب الزاوية الحرجة للزجاج بالنسبة للهواء:

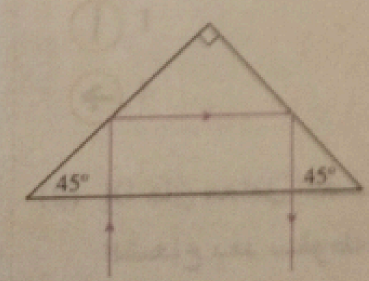
$$\sin \phi_c = \frac{1}{n} = \frac{1}{1.5} = 0.665 \Rightarrow \phi_c = 41.8^\circ$$



عند سقوط الشعاع عموديا على أحد أضلاع المنشور كما بالشكل فإنه ينفذ دون أن يعانى أى انكسار ليسقط على الوتر.

ومن هندسة الشكل: نجد أن زاوية السقوط 45° وهى أكبر من الزاوية الحرجة فيحدث للشعاع انعكاس كلى بزاوية 45° ليسقط على الضلع الأخير للمنشور عموديا (بزاوية صفر) وبالتالى ينفذ دون انكسار خارج المنشور

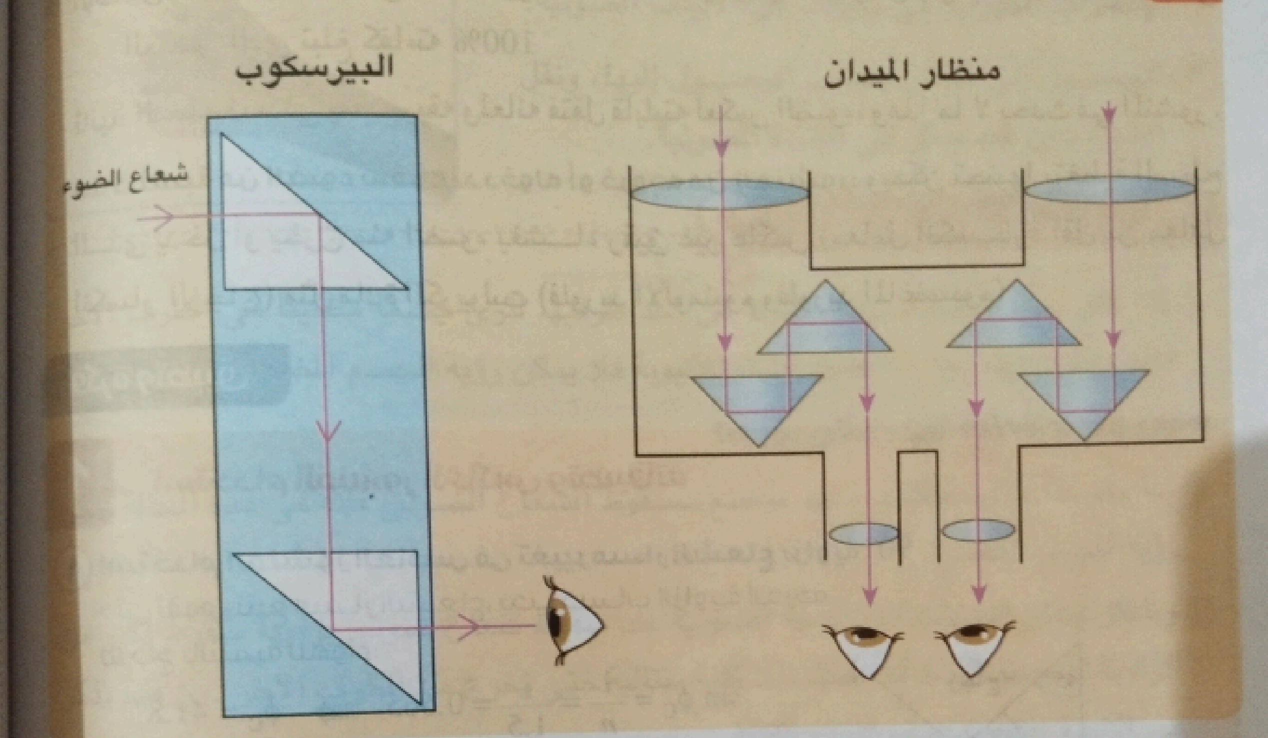
(٢) استخدام المنشور العاكس فى تغيير مسار الشعاع بزاوية 180°



عند سقوط الشعاع عموديا على الضلع المقابل للزاوية 90° (الوتر) كما بالشكل فإنه ينفذ دون أن يعانى أى انكسار ليسقط على أحد أضلاع المنشور

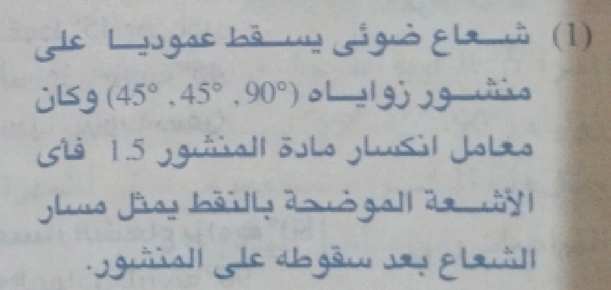
ومن هندسة الشكل: نجد أن زاوية السقوط 45° وهى أكبر من الزاوية الحرجة فيحدث للشعاع انعكاس كلى بزاوية 45° ليسقط على الضلع الأخير للمنشور بزاوية سقوط أيضا 45° وهى أيضا أكبر من الزاوية الحرجة فينعكس الشعاع كليا مرة أخرى ليسقط مرة أخرى على الوتر عموديا فينفذ دون انكسار خارج المنشور

2 تطبيقات المنشور العاكس



أمثلة محلولة

(1) شعاع ضوئى يسقط عموديا على منشور زواياه (°90 ، °45 ، °45) وكان معامل انكسار مادة المنشور 1.5 فأى الأشعة الموضحة بالنقط يمثل مسار الشعاع بعد سقوطه على المنشور.



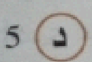
أ 1   ب 3

جـ 4   د 5



(2) إذا كان معامل انكسار مادة المنشور $\sqrt{2}$ فأى الأشعة الموضحة بالنقط يمثل مسار الشعاع بعد سقوطه على المنشور.





أ 1   ب 3   جـ 4   د 5



(1) عند سقوط الشعاع عموديا على الضلع المقابل للزاوية 90° (الوتر) كما بالشكل فإنه ينفذ دون أن يعانى أى انكسار ليسقط على أحد أضلاع المنشور.

ومن هندسة الشكل: نجد أن زاوية السقوط 45° وهى أكبر من الزاوية الحرجة فيحدث للشعاع انعكاس كلى بزاوية 45° ليسقط على الضلع الأخير للمنشور بزاوية سقوط أيضا 45° وهى أيضا أكبر من الزاوية الحرجة فينعكس الشعاع كليا مرة أخرى ليسقط مرة أخرى على الوتر عموديا فينفذ دون انكسار خارج المنشور.

الإجابة الصحيحة (د)

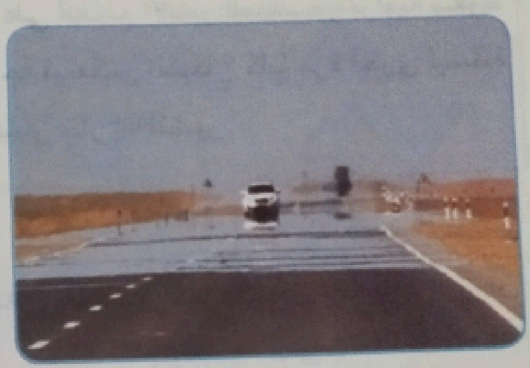
(2) عند سقوط الشعاع عموديا على أحد أضلاع المنشور كما بالشكل فإنه ينفذ دون أن يعانى أى انكسار ليسقط على الوتر.

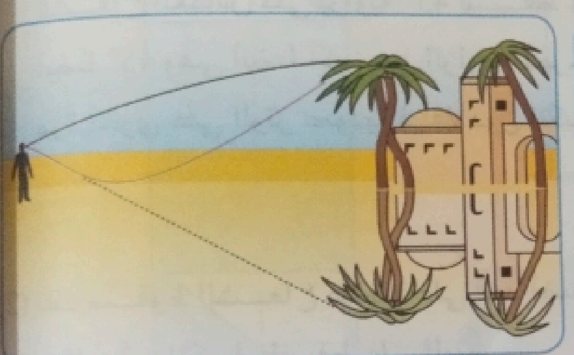
ومن هندسة الشكل: نجد أن زاوية السقوط 45° وهى تساوى الزاوية الحرجة فيخرج الشعاع مماسا للسطح الفاصل.

فتكون الإجابة (جـ)

ثالثا السـراب

◉ ظاهرة طبيعية مألوفة فى الأيام شديدة الحرارة يمكن رؤيتها صيفاً حيث يلاحظ راكب السيارة أن الطريق يبدو كما لو كان مغطى بالماء، كما يمكن ملاحظة السراب فى الصحارى حيث تبدو للتلال والنخيل صوراً مقلوبة مثل الصور التى تحدث بالانعكاس عن سطح الماء فيظن المراقب وجود الماء.





وتفسير هذه الظاهرة كما يلى:

١ فى الأيام شـديدة الحرارة ترتفع درجة حرارة طبقات الهواء الملامســة لسطح الأرض فتقل كثافتهـا عن كثافة الطبقات التى تعلوها وتكون معاملات انكســار الطبقات العليا أكبر من التى تحتها.

٢ الأشــعة الصادرة من جســم بعيد (قمة نخلة) تنتقل من طبقة عليا إلى التى تحتها فتنكسر مبتعدة عن العمود وعند انتقال الشــعاع من طبقة إلى طبقة يزداد انحرافه فيتخذ مســاراً منحنيا.

٣ عندما تصبح زاوية ســقوطه فى أحد الطبقات أكبر مــن الزاوية الحرجة للطبقة التى تحتها ينعكس انعكاســاً كلياً متخذاً مســاراً منحنياً لأعلى حتى يصــل للعين فترى الصورة على امتداد الشعاع الواصل إليها وتبدو كأنها مقلوبة فيظن المراقب وجود ماء.

رابعاً أفكار المسائل



Open book

قوانين وتعويضات مباشرة

$$\sin \phi_C = \frac{n_2}{n_1} = \frac{n_{\text{أقل}}}{n_{\text{أكبر}}} = {}_1n_2$$

$$Sin\, \emptyset_C = \frac{1}{n}$$

$$r = h \tan \phi_c$$

مثال محلول (١)

إذا كان معاملا انكسار الزجاج والماء هما 1.6 و1.33 على الترتيب.

فاحسب الزاوية الحرجة لكل منهم ثم احسب الزاوية الحرجة للضوء الساقط من الزجاج إلى الماء.



الحل

الزاوية الحرجة للزجاج:

$$Sin\, \emptyset_C = \frac{1}{n} = \frac{1}{1.6} = 0.625 \quad \Rightarrow \therefore \emptyset_C = 38.68^\circ$$

الزاوية الحرجة للماء:

$$Sin\, \emptyset_C = \frac{1}{n} = \frac{1}{1.33} = 0.75187 \quad \Rightarrow \therefore \emptyset_C = 48.75^\circ$$

الزاوية الحرجة للضوء الساقط من الزجاج للماء:

$$Sin\, \emptyset_C = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1.33}{1.6} = 0.83125 \quad \Rightarrow \therefore \emptyset_C = 56.227^\circ$$

مثال محلول (٢)

إذا كانت الزاوية الحرجة لوسط بالنسبة للهواء هو °45 احسب معامل انكسار هذا الوسط



$$n = \frac{1}{Sin\ \phi_C} = \frac{1}{Sin\ 45} = \sqrt{2}$$

مثال محلول (٣)

إذا كان الطـول الموجى للضوء فى سـائلين x و y هو $3500\ A^o$ و $7000A^o$ تكون الزاوية الحرجة للسائل X بالنسبة للسائل Y ....

(أ) 60^o (ب) 45^o (جـ) 30^o (د) 15^o



$$\sin\phi_C = \frac{\lambda_X}{\lambda_Y} = \frac{3500}{7000} = \frac{1}{2}$$

$$\phi_C = 30^0$$

فتكون الإجابة (جـ)

مثال محلول (٤)

وضـع مصبـاح مضيئ على عمق 25 سـم فى حـوض مملوء بالماء، احسـب أقل نصف قطر للقـرص إلى يجب وضعـه على سـطح الماء بحيث لا يمكن رؤيـة ضوء المصباح علما بأن معامل انكسار الماء 1.33.

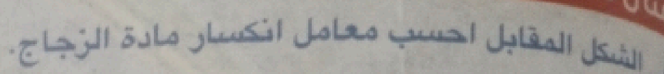


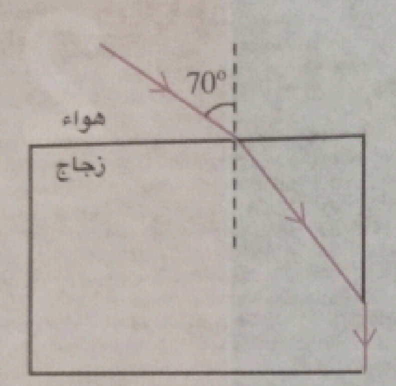
$$Sin\ \emptyset_C = \frac{1}{n} = \frac{1}{1.33} = 0.75187 \quad \Rightarrow \quad \therefore\ \emptyset_C = 48.75^\circ$$

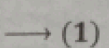
$$tan\ \emptyset_C = \frac{r}{25}$$

$$r = 25\ tan\ \emptyset_C = 28.5cm$$









$$n = \frac{\sin \emptyset}{\sin \theta} = \frac{\sin 70}{\sin \theta} \longrightarrow (1)$$

الشعاع خرج مماس.

فيكون زاوية السقوط الثانية تساوى الزاوية الحرجة.

$$\emptyset_c = 90 - \theta$$

$$n = \frac{1}{Sin\ \phi_C} = \frac{1}{\sin(90 - \theta)} = \frac{1}{\cos \theta} \longrightarrow (2)$$

بقسمة المعادلتين (1) و(2)

$$\frac{\sin \theta}{\cos \theta} = \sin 70$$

$$\tan \theta = \sin 70$$

$$\theta = 43.2^\circ$$

من المعادلة (1)

$$n = \frac{\sin \emptyset}{\sin \theta} = \frac{\sin 70}{\sin 43.2^\circ} = 1.37$$

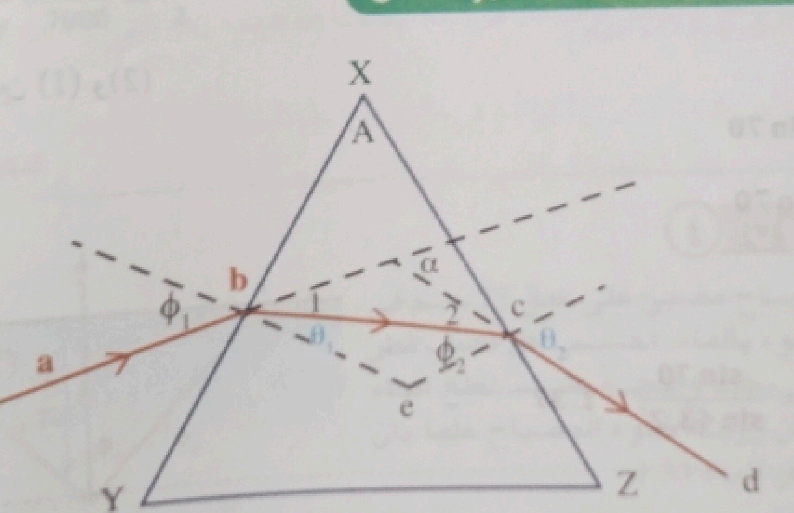
الفصل

2

الدرس الخامس

المنشور الثلاثى

أولاً انحراف الضوء فى المنشور الثلاثى



عند سقوط شعاع ضوئى مثل ab على الوجه XY لمنشور ثلاثى فإنه ينكسر داخل المنشور متخذاً المسار bc حتى يسقط على الوجه الآخر XZ ثم يخرج من المنشور فى الاتجاه cd.

نستنتج من ذلك أن الشعاع ينكسر مرتين إحداهما عند الوجه الأول XY والأخرى عند الوجه الثانى XZ أى أن الشعاع انحرف عن مساره بزاوية معينة تسمى زاوية الانحراف.

زاوية الانحراف (α)

الزاوية المحصورة بين امتدادى الشعاع الساقط والشعاع الخارج.

وإذا كانت زاوية السقوط الأولى ϕ_1 وزاوية الانكسار θ_1 وزاوية السقوط الثانية هى ϕ_2 وزاوية الخروج θ_2 وزاوية رأس المنشور يرمزلها بالرمز A وزاوية الانحراف بالرمز α.

من هندسة الشكل السابق:

$$A + e = 180^\circ \quad , \quad \theta_1 + \phi_2 + e = 180^\circ$$

$$\therefore A = \theta_1 + \phi_2 \longrightarrow (1)$$

α زاوية خارجة بالنسبة للمثلث bce

$$\therefore \alpha = 1 + 2 \quad , \quad 1 = \phi_1 - \theta_1 \quad , \quad 2 = \theta_2 - \phi_2$$

$$\therefore \alpha = (\phi_1 - \theta_1) + (\theta_2 - \phi_2) = \phi_1 + \theta_2 - (\theta_1 + \phi_2).$$

$$\therefore \alpha = \phi_1 + \theta_2 - A \longrightarrow (2)$$

$$n = \frac{\sin \phi_1}{\sin \theta_1} \quad \text{أو} \quad n = \frac{\sin \theta_2}{\sin \phi_2} \longrightarrow (3)$$

تجربة عملية: تعيين مسار شعاع ضوئى خلال منشور زجاجى واستنتاج قوانين المنشور.

الأدوات منشور زجاجى - دبابيس ـ منقلة ـ مسطرة

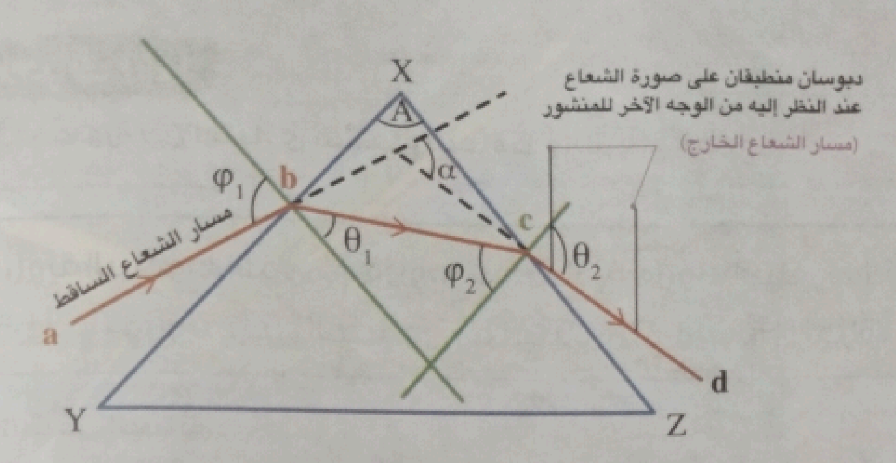
خطوات العمل

1- نضع المنشــور على الورقة وحدد قاعدته المثلثة ثم ابعد المنشــور ونرسم خطا (ab) مائلا على أحد وجهى المنشور يمثل شعاع ساقط بزاوية سقوط معينة ثم ضع المنشور فى مكانه.

2- ننظر فى الوجه المقابل ونضع مسطرة بحيث تصبح على امتداد صورة الشعاع الساقط (ab) أو بالإستعانة بالدبابيس ثم نرسم خطا (cd) فى محاذاة المسطرة

3- نرفع المنشور ثم نصل (bc) فيكون مسار الشعاع الضوئى هو (abcd) من الهواء إلى الزجاج ثم إلى الهواء ثانية.

4- نمد الشــعاع الخارج (cd) على اســتقامته حتى يقابل امتداد الشــعاع الساقط (ab) فتكون الزاوية الحادة المحصورة بينهما هى زاوية الانحراف α.



5 - قس كلا من زاوية السقوط ϕ_1، وزاوية الانكسار θ_1 وزاوية السقوط الثانية ϕ_2 وزاوية الخروج θ_2 وزاوية الانحراف α

6 - كرر هذة الخطوات عدة مرات بتغيير زاوية السقوط وضع النتائج فى جدول كالآتى.

ϕ_1	θ_1	ϕ_2	θ_2	α

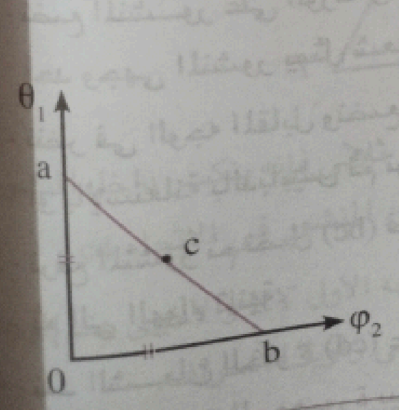
7 - احسب قيمتى زاوية رأس المنشور وزاوية الانحراف من العلاقات.

$$A = \theta_1 + \phi_2$$
$$\alpha = \phi_1 + \theta_2 - A$$

ملاحظات هامة

١ من العلاقة: $A = \theta_1 + \phi_2$

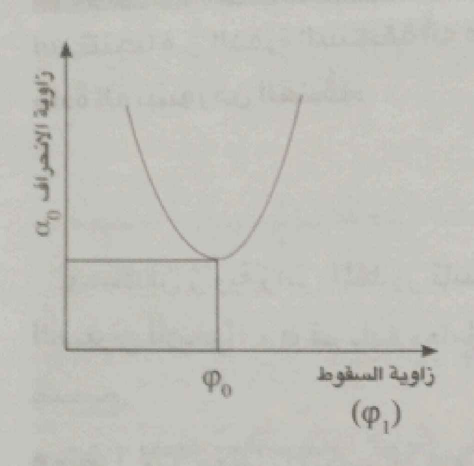
نجد أن العلاقة بين زاوية الانكسار (θ_1) وزاوية السقوط الثانية (ϕ_2) علاقة تناقصية وبالتالى عند نقصان أحدهما تزداد الأخرى نظرا لثبوت زاوية رأس المنشور والنقطتان a وb تمثلان زاوية رأس المنشور.



٢ من العلاقة: $\alpha = \phi_1 + \theta_2 - A$

زاوية الانحراف تتوقف على زاوية السقوط ϕ_1

ثانيا وضع النهاية الصغرى للانحراف



• من العلاقة: $\alpha = \phi_1 + \theta_2 - A$ فإن زاوية الانحراف تتوقف على زاوية السقوط ϕ_1

• ويمكن عمليا بيان أن زاويــة الانحراف تتناقص تدريجيا مع زيادة زاوية السقوط حتى تصل زاوية الانحراف إلى حـد معين يعرف بالنهاية الصغرى للانحراف، بعده تأخذ زاويــة الانحراف فى الزيادة مرة أخرى مع ازدياد زاوية السقوط كما هو موضح بالشكل.

وفى وضع النهاية الصغرى للانحراف يمكن عمليا ونظريا إثبات أن:

① **زاوية السقوط = زاوية الخروج**

$$\phi_1 = \theta_2 = \phi_0 \Rightarrow \because \alpha = \phi_1 + \theta_2 - A \Rightarrow \therefore \alpha_0 = 2\phi_0 - A$$

$$2\phi_0 = \alpha_0 + A \Rightarrow \therefore \phi_0 = \frac{\alpha_0 + A}{2}$$

② **زاوية الانكسار الأولى = زاوية السقوط الثانية**

$$\theta_1 = \phi_2 = \theta_0 \Rightarrow \because A = \theta_1 + \phi_2$$

$$\therefore A = 2\theta_0 \Rightarrow \therefore \theta_0 = \frac{A}{2}$$

③ **وحيث أن معامل الانكسار n هو:** $n = \frac{Sin\,\phi}{Sin\,\theta}$

بالتعويض عن θ_0 ، ϕ_0 فى وضع النهاية الصغرى للانحراف فإن:

$$n = \frac{Sin\left(\frac{\alpha_0 + A}{2}\right)}{Sin\left(\frac{A}{2}\right)}$$

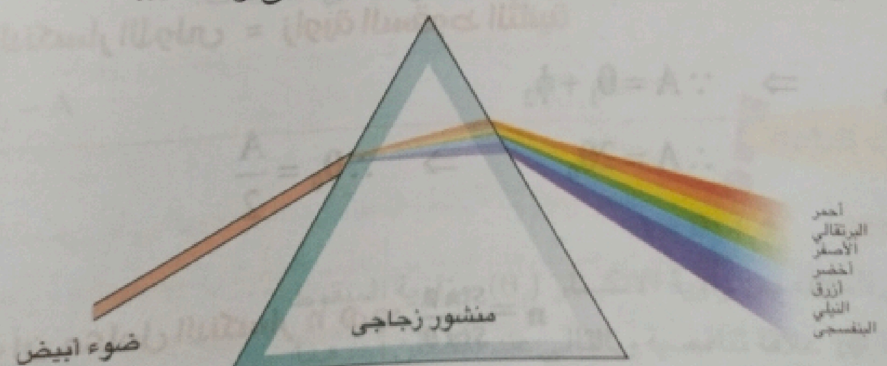
تفريق الضوء بواسطة المنشور الثلاثي

استـنتجنا في الفقرة السـابقة أنه في وضـع النهاية الصغـرى للانحراف يتعين معامل انكسار مادة المنشور من العلاقة:

$$n = \frac{Sin\left(\frac{\alpha_0 + A}{2}\right)}{Sin\left(\frac{A}{2}\right)}$$

وحيث أن زاوية رأس المنشور ثابتة فإن تغير معامل الانكسار يتبعه تغير في قيمة زاوية النهاية الصغرى للانحراف α فبزيادة معامل الانكســـار تزداد قيمة النهاية الصغرى للانحراف والعكس صحيح.

- ونظرا لأن معامل الانكســـار n يتوقف على الطول الموجي لذلك نجد أن زاوية النهاية الصغرى للانحراف تتوقف أيضاً على الطول الموجي.
- لذلك عند ســقوط حزمة من الضوء الأبيض على منشــور ثلاثي في وضع النهاية الصغرى فإن الضــوء الأبيض يتفرق إلى ألوان الطيف الســبعة المعروفة ويكون الضــوء البنفسجي أكثرها انحرافاً والضوء الأحمر أقلها انحرافاً.
- **ألوان الطيف:** (أحمر، برتقالي، أصفر، أخضر، أزرق، نيلي، بنفسجي)
- يمكن تلخيص ترتيب ألوان الطيف في عبارة **(حرص خزين)** حيث في العبارة يمثل الحرف فيها الحرف الثاني للون الطيف.. بمعنى (ح) أحمر، (ر) برتقالي وهكذا ...



تفسير ما حدث

الضوء الأبيض عبارة عن خليط من الألوان السبعة للطيف، كل لون له طول موجي مختلف وبالتالي له معامل انكسار مختلف داخل مادة المنشور، وبالتالي زاوية انحراف مختلفة، فينحرف كل لون بزاوية انحراف مختلفة عن اللون الآخر ويتفرق الضوء الأبيض لألوان الطيف السبعة.

فكرة وتطبيق

1 لتوضيح العلاقة بين زاوية السقوط وزاوية الانحراف نظريا واستنتاج شروط وضع النهاية الصغرى:

١) لديك منشور ثلاثى معلوم معامل انكسار مادته سقط علية شعاع ضوئى بزاوية صغيرة.

٢) من قانون سنل نحسب زاوية الانكسار:

$$n_1 Sin\emptyset_1 = n_2 Sin\theta_1$$

٣) من قانون زاوية رأس المنشور نحسب زاوية سقوطه على الوجة الثانى للمنشور.

$$A = \theta_1 + \emptyset_2$$

٤) من قانون سنل نحسب زاوية الخروج.

$$n_1\, Sin\, \emptyset_2 = n_2\, Sin\, \theta_2$$

٥) نحسب زاوية الانحراف من العلاقة:

$$\propto = \phi_1 + \theta_2 - A$$

٦) نكرر هذه الخطوات عدة مرات ونسجل البيانات فى جدول كالآتى:

$\propto$	θ_2	$\emptyset_2$	θ_1	$\emptyset_1$

٧) نرسم العلاقة بين زاوية السقوط وزاوية الانحراف فنجد أن زاوية الانحراف تكون كبيرة فى البداية ثم تقل تدريجيا إلى أن تصل إلى أقل قيمة لها وهى وضع النهاية الصغرى للانحراف ثم تزداد تدريجيا مرة أخرى.

٨ من بيانات الجدول نجد أن فى وضع النهاية الصغرى للانحراف تكون:

1 - زاوية السقوط = زاوية الخروج $\emptyset_1 = \theta_2$

2 - زاوية السقوط الثانية = زاوية الانكسار $\emptyset_2 = \theta_1$

3 - الشعاع المنكسر يوازى القاعدة.

٩ فإذا فرضنا أن لدينا منشور زاوية رأسه 60° ومعامل انكسار مادته $\sqrt{3}$ تكون النتائج كما يلى:

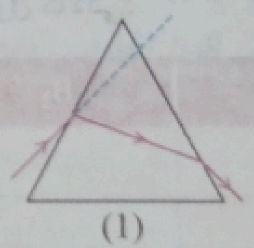
$\emptyset_1$	θ_1	$\emptyset_2$	θ_2	$\propto$
45	24.09	35.91	84.67	69.67
60	30	30	60	60
70	32.8	27.2	52.3	62.3

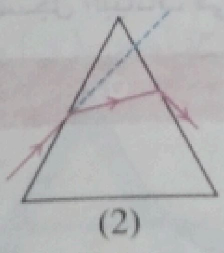
١٠ من النتائج السابقة نجد أن زاوية الانحراف الصغرى هى 60°.

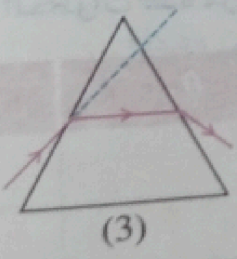
١١ لو تغير قيمة معامل الانكسار أو زاوية رأس المنشور تتغير قيمة زاوية الانحراف.

مثال محلول ١

أى الأشكال الآتية يوضح حالة النهاية الصغرى للانحراف.


(1)


(2)


(3)

أ 1 ب 2 جـ 3 د لا توجد اجابة صحيحة

الحل

من الواضح فى الشكل (3) تحقق شروط وضع النهاية الصغري.

1 - زاوية السقوط = زاوية الخروج $\emptyset_1 = \theta_2$

2 - زاوية السقوط الثانية = زاوية الانكسار $\emptyset_2 = \theta_1$

3 - الشعاع المنكسر يوازى القاعدة.

فتكون الإجابة (ج)

2 تحليل الضوء إلى مكوناته



$$n \propto \alpha_\circ$$

$$n \propto \frac{1}{\lambda}$$

$$\therefore \alpha_\circ \propto \frac{1}{\lambda}$$

وبالتالي..

- **الضوء الأحمر** هو أكبر الألوان طول موجى فيكون أقل معامل انكسار وأقل زاوية انحراف.
- **الضوء البنفسجي** هو أصغر الألوان طول موجى فيكون أكبر معامل انكسار وأكبر زاوية انحراف.

لاحظ أن:

كلما زادت زاوية الانحراف كلما قلت زاوية الانكسار.

فإذا دخل شعاعين أحدهما أحمر والآخر أزرق إلى قطعة من الزجاج فإن انحراف الأزرق داخل الزجاج يكون أكبر من الأحمر بينما زاوية انكسار الأزرق داخل الزجاج تكون أقل من زاوية انكسار الأحمر

مثال محلول (١)

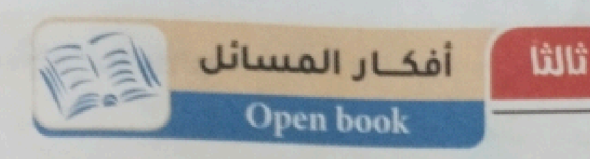
الشكل يوضح تحلل الضوء الساقط إلى عدة ألوان، من المحتمل أن تكون الألوان..........

	1	2	3
أ	احمر	اخضر	ازرق
ب	ازرق	اخضر	احمر
جـ	ازرق	احمر	اصفر
د	اصفر	ازرق	احمر

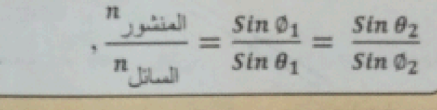
زجاج
هواء

الحل

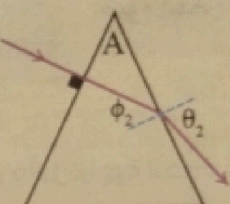
الإجابة الصحيحة (أ)



1 قوانين وحالات المنشور



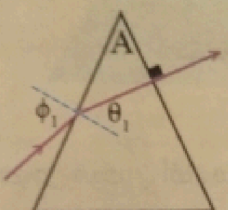
$$\frac{Sin\,\theta_2}{Sin\,\phi_2} = \frac{Sin\,\phi_1}{Sin\,\theta_1} = \frac{n_{\text{المنشور}}}{n_{\text{السائل}}} \quad , \quad \alpha = \phi_1 + \theta_2 - A \quad , \quad A = \theta_1 + \phi_2$$



إذا سـقط شـعاع ضوئى عمـودى علـى أحـد أوجه المنشــور فإنه ينفذ دون أن يعانى انكسار ويكون:

$$\phi_1 = \theta_1 = 0$$

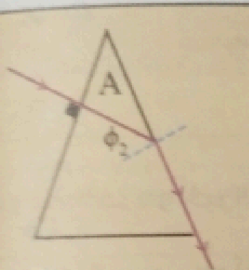
$$\therefore \phi_2 = A$$



إذا خرج الشــعاع عمودى علـى أحد وجهى المنشــور يكون:

$$\phi_2 = \theta_2 = 0$$

$$\therefore \theta_1 = A$$



إذا سقط الشــعاع عمودياً وخرج مماســا لأحد وجهى المنشور يكون:

$$\phi_2 = \phi_c = A$$

$$\therefore \theta_2 = 90^\circ$$

مثال محلول (١)

سقط شـعاع ضوئى عمودى على أحد أوجه منشور ثلاثى زاوية رأسه 45° وخرج مماسا للوجه الآخر فإن زاوية الخروج تساوى ....

(أ) 45° (ب) 30° (جـ) 90°

(د) لا بد من معرفة معامل انكسار مادة المنشور



خرج مماسا للسطح الفاصل، فإن زاوية خروجه 90°.

الإجابة الصحيحة (جـ)



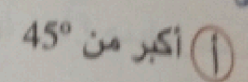
مثال محلول (٢)

فى الشكل المقابل تكون زاوية الرأس للمنشور A ....

Ⓐ أكبر من 45°

Ⓑ تساوى 45°

Ⓒ أقل من 45°



الحل



الشعاع خرج عموديا وبالتالى زاوية الخروج = صفر.

وبالتالى زاوية رأس المنشور يساوى زاوية الانكسار.

وبما أن الشـــعاع انتقل من الهواء إلى الزجاج فإنـــه ينكسر مقترب من العمود المقام فتكون زاوية الانكسار أقل من 45° فتكون زاوية الرأس أقل من 45°

الإجابة الصحيحة (جـ)

مثال محلول (٣)

سـقط شعاع على منشـــور ثلاثى زجاجى بزاوية 60° فخرج بزاوية 30° فإذا علمت أن معامل انكسار مادة المنشور 1.6 أوجد زاوية رأس المنشور.

الحل



$$n = \frac{Sin\,\phi_1}{Sin\,\theta_1} \Rightarrow 1.6 = \frac{Sin\,60}{Sin\theta_1} \Rightarrow \therefore \theta_1 = 32.769^{\circ}$$

$$n = \frac{Sin\,\theta_2}{Sin\,\emptyset_2} \Rightarrow 1.6 = \frac{Sin\,30}{Sin\emptyset_2} \Rightarrow \therefore \emptyset_2 = 18.209^{\circ}$$

$$A = \theta_1 + \phi_2 = 32.769 + 18.209 = 50.978^{\circ}$$

مثال محلول ٤

سقط شعاع ضوئى على أحد أوجه منشور ثلاثى متساوى الأضلاع وكانت زاوية انكساره 19° فخرج مماسا للوجه الآخر أوجد معامل انكسار مادته

الحـل

$$A = \theta_1 + \phi_2 \quad \Rightarrow \quad \therefore 60 = 19 + \phi_2 \quad \Rightarrow \quad \therefore \phi_2 = 41^{\circ}$$

الشعاع خرج مماسا للوجه الآخر فإن:

$$\phi_2 = \phi_C \Rightarrow \quad \therefore \phi_C = 41^{\circ}$$

فيكون معامل الانكسار:

$$n = \frac{1}{Sin\ \phi_C} = \frac{1}{Sin\ 41} = 1.524$$

2 وضع النهاية الصغرى للانحراف

١ معامل انكسار مادة المنشور:

$$n = \frac{Sin\left(\frac{\alpha_0 + A}{2}\right)}{Sin\left(\frac{A}{2}\right)}$$

٢ زاوية السقوط = زاوية الخروج

$$\phi_0 = \frac{\alpha_0 + A}{2}$$

٣ زاوية الانكسار = زاوية السقوط الثانية

$$\theta_0 = \frac{A}{2}$$

مثال محلول (١)

سقط شعاع ضوئى بزاوية 60° على أحد أوجه منشور ثلاثى متساوى الأضلاع. معامل انكسار مادته $\sqrt{3}$. أوجد زاوية خروج الشعاع وزاوية انحرافه $(Sin60 = \frac{\sqrt{3}}{2})$.

الحل

$$n = \frac{Sin\,\phi_1}{Sin\,\theta_1} \Rightarrow \sqrt{3} = \frac{Sin\,60}{Sin\theta_1} \Rightarrow \therefore \theta_1 = 30^\circ$$

$$A = \theta_1 + \phi_2 \Rightarrow \therefore \phi_2 = 30^\circ$$

$$\because \theta_1 = \phi_2$$

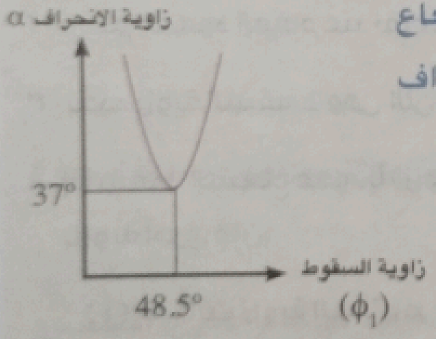
فإن المنشور يكون فى وضع النهاية الصغرى للانحراف

$$\therefore \theta_2 = \phi_1 = 60^\circ$$

زاوية الانحراف: $\alpha_0 = 2\,\phi_0 - A = 2 \times 60 - 60 = 60^\circ$

مثال محلول (٢)

الرسم البيانى المقابل يوضح العلاقة بين زوايا سقوط شعاع ضوئى (ϕ_1) على أحد وجهى منشور ثلاثى وزوايا الانحراف (α) لهذا الشعاع. من القيم الموضحة بالرسم احسب:



1 - زاوية خروج الشعاع.

2 - زاوية راس المنشور.

3 - معامل انكسار مادة المنشور.

الحل

1 - زاوية خروج الشعاع (من الرسم). $\theta_2 = \phi_1 = \phi_0 = 48.5^\circ$

2 - زاوية رأس المنشور.

$$\alpha_0 = 2\,\phi_0 - A \Rightarrow \therefore 37 = 2 \times 48.5 - A \Rightarrow \therefore A = 60^\circ$$

3 - معامل انكسار مادة المنشور.

$$n = \frac{Sin\left(\frac{\alpha_0 + A}{2}\right)}{Sin\left(\frac{A}{2}\right)} = \frac{Sin\left(\frac{37+60}{2}\right)}{Sin\left(\frac{60}{2}\right)} = 1.497$$

3 تتبع مسار الشعاع

عند دخول شعاع ضوئى إلى المنشور (من وسط أقل كثافة ضوئية إلى وسط أكبر كثافة ضوئية) نتبع ما يلى:

١- نرسم العمود المقام عند نقطة السقوط.

٢- نحدد زاوية السقوط وهى التى تقع بين الشعاع الساقط والعمود المقام عند نقطة السقوط.

٣- سقط عموديا (زاوية سقوط تساوى صفر) يدخل على استقامته وإذا كان السقوط بزاوية أخرى نطبق قانون الانكسار الأول (قانون سنل).

عند محاولة خروج شعاع ضوئى من المنشور (من وسط أكبر كثافة ضوئية إلى وسط أقل كثافة ضوئية) نتبع ما يلى:

١- نعين قيمة الزاوية الحرجة.

٢- نرسم العمود المقام عند نقطة السقوط.

٣- نحدد زاوية السقوط وهى التى تقع بين الشعاع الساقط والعمود المقام عند نقطة السقوط.

٤- إذا سقط الشعاع عموديا (زاوية سقوط تساوى صفر) يخرج على استقامته وإذا كان السقوط بزاوية أخرى فإن:

(أ) **إذا كانت زاوية السقوط أقل من الزاوية الحرجة** يخرج الشعاع من المنشور، ونطبق قانون الانكسار الأول (قانون سنل) لتعيين قيمة زاوية الخروج

(ب) **إذا كانت زاوية السقوط تساوى الزاوية الحرجة** يخرج الشعاع مماساً لوجه المنشور (زاوية الخروج تساوى $90°$)

(جـ) **إذا كانت زاوية السقوط أكبر من الزاوية الحرجة** لا يخرج الشعاع من المنشور وانما ينعكس انعكاسا كليا ونطبق قانون الانعكاس الأول (زاوية السقوط = زاوية الانعكاس) لتعيين قيمة زاوية الانعكاس

٥- تكرر هذه الخطوات مع كل سقوط جديد إلى أن يخرج الشعاع مرة أخرى.

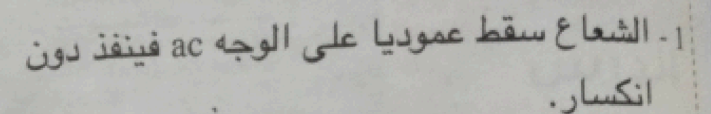
مثال محلول (١)

إذا علمت أن معامل انكسار مادة المنشور 1.5.

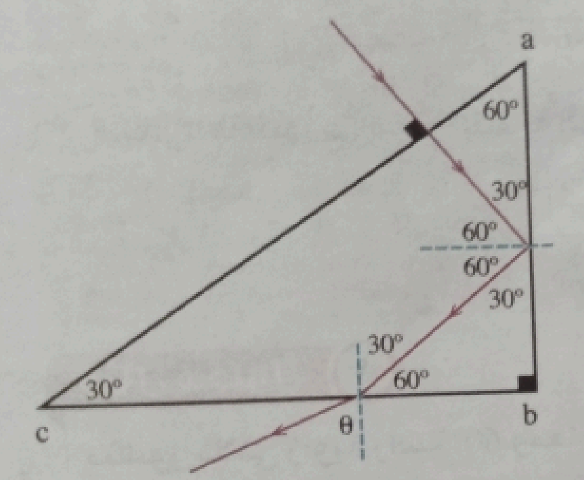
تتبع مسار الشعاع واحسب زاوية الخروج.



الحل



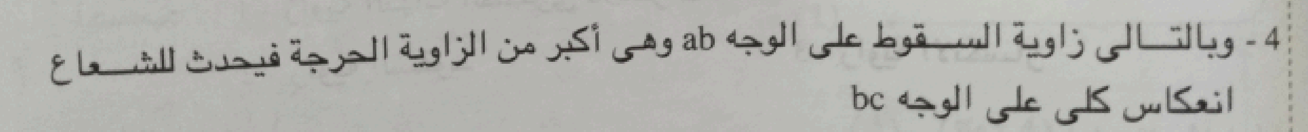
1- الشعاع سقط عموديا على الوجه ac فينفذ دون انكسار.



2- يسقط على الوجه ab ونحسب زاوية سقوطه من هندسة الرسم أو من قانون زاوية رأس المنشور فنجد أنه سقط على الوجه ab بزاوية 60° .

3- نحسب الزاوية الحرجه من العلاقة.

$$\sin(\emptyset_c) = \frac{1}{n} = \frac{1}{1.5} \quad \rightarrow \emptyset_c = 41^{\circ}8$$



4- وبالتالى زاوية السقوط على الوجه ab وهى أكبر من الزاوية الحرجة فيحدث للشعاع انعكاس كلى على الوجه bc

5- يسقط على الوجه bc بزاوية 30° وهى أقل من الزاوية الحرجة فينكسر خارج المنشور مبتعد عن العمود المقام.

6- نطبق قانون سنل على الوجه bc

$$n_1 \sin(\emptyset) = n_2 \sin(\theta)$$

$$1.5 \sin(30) = 1 \times \sin(\theta)$$

$$\theta = 48^{\circ}6$$

4 إذا كان المنشور مغمور فى سائل

تطبق قوانين المنشور مع استبدال معامل الانكسار المطلق لمادة المنشور (n) فى القوانين بمعامل الانكسار النسبى من السائل إلى المنشور ($\frac{n_{\text{المنشور}}}{n_{\text{السائل}}}$ = المنشور n السائل).

لتصبح القوانين:

١- قانون المنشور الثلاثى:

$$\frac{n_{\text{المنشور}}}{n_{\text{السائل}}} = \frac{Sin\ \emptyset_1}{Sin\ \theta_1} = \frac{Sin\ \theta_2}{Sin\ \emptyset_2}$$

٢- قانون المنشور فى وضع النهاية الصغرى للانحراف:

$$\frac{n_{\text{المنشور}}}{n_{\text{السائل}}} = \frac{Sin\left(\frac{\alpha_0 + A}{2}\right)}{Sin\left(\frac{A}{2}\right)}$$

مثال محلول (١)

منشور ثلاثى زاوية رأسة 60^o ومعامل انكسار مادته 1.5، غمر فى بنزين معامل انكساره 1.2 فى وضع النهاية الصغرى للانحراف:

احسب: 1 - زاوية النهاية الصغرى للانحراف.

2 - زاوية السقوط

3 - زاوية الانكسار



$$\frac{n_{\text{منشور}}}{n_{\text{بنزين}}} = \frac{Sin\left(\frac{\alpha_0 + A}{2}\right)}{Sin\left(\frac{A}{2}\right)}$$

$$\frac{1.5}{1.2} = \frac{Sin\left(\frac{\alpha_0 + 60}{2}\right)}{Sin\left(\frac{60}{2}\right)}$$

$$\alpha_0 = 17.2$$

$$\emptyset_0 = \frac{\alpha_0 + A}{2} = \frac{17.2 + 60}{2} = 38.4^0$$

$$\theta_0 = \frac{A}{2} = 30^0$$



المنشور الرقيق

هو منشور ثلاثى من الزجاج لا تزيد زاوية رأسه عن عدة درجات ويكون دائما فى وضع النهاية الصغرى للانحراف. أى أن معامل انكسار مادته يعطى من العلاقة:

$$n = \frac{Sin\left(\frac{\alpha_0 + A}{2}\right)}{Sin\left(\frac{A}{2}\right)} \rightarrow (1)$$

ونظرا لأن الزوايا $\left(\frac{\alpha_0 + A}{2}\right)$ و $\left(\frac{A}{2}\right)$ زوايا صغيرة فيكون جيب الزاوية مساويا لقيمة الزاوية بالتقدير الدائرى.

وبالتالى يكون:

$$Sin\left(\frac{\alpha_0 + A}{2}\right) \cong \left(\frac{\alpha_0 + A}{2}\right) \times \frac{\pi}{180}$$

$$Sin\left(\frac{A}{2}\right) \cong \left(\frac{A}{2}\right) \times \frac{\pi}{180}$$

بالتعويض فى العلاقة (1):

$$n = \frac{\left(\frac{\alpha_0 + A}{2}\right)}{\left(\frac{A}{2}\right)}$$

$$n = \frac{(\alpha_0 + A)}{(A)}$$

ومنها:

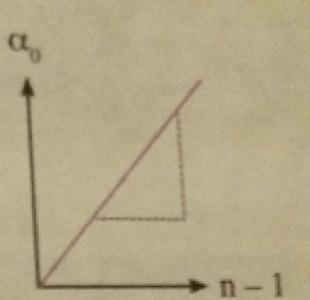
$$\alpha_0 = A(n - 1)$$

فكرة وتطبيق

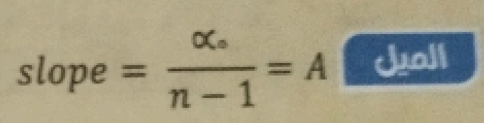


علاقات بيانية

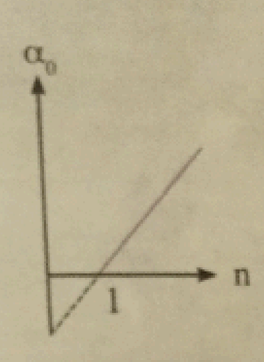
العلاقة البيانية



الميل



$$slope = \frac{\alpha_\circ}{n-1} = A$$

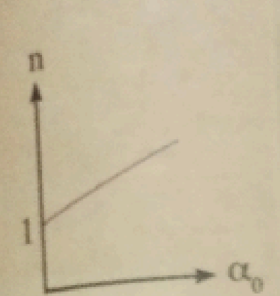


$$\alpha_\circ = An - A$$

$$slope = A$$

الجزء المقطوع من محور الصادات = A

والجزء المقطوع من محور السينات = 1



$$n = \frac{\alpha_\circ + A}{A}$$

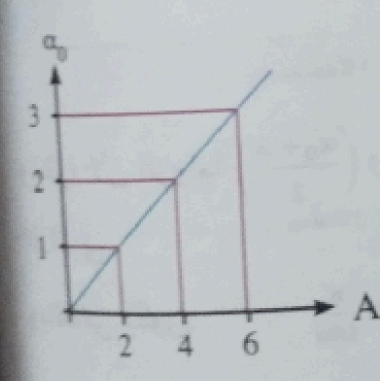
$$n = \frac{\alpha_\circ}{A} + 1$$

$$slope = \frac{1}{A}$$

الجزء المقطوع من محور الصادات = 1

مثال محلول (١)

الشكل المقابل يوضح العلاقة بين زوايا الانحراف على المحور الرأسى وزاوية رأس المنشور الرقيق على المحور الأفقى من البيانات الموضحة تكون قيمة معامل انكسار مادة المنشور = ...



(أ) 0.5 (ب) 1 (جـ) 1.5 (د) 2

الحل



$$slope = \frac{\alpha_\circ}{A} = n - 1$$

$$slope = \frac{2-1}{4-2} = \frac{1}{2}$$

$$n - 1 = \frac{1}{2}$$

$$n = 1.5$$

فتكون الإجابة (جـ)

عند سقوط ضوء أبيض على منشـور ثلاثى فى وضع النهاية الصغرى للانحراف يتفرق هذا الضـوء إلى ألوانه المعروفه ويرجع هذا إلى اختلاف معاملات الانكســار طبقا لاختلاف أطوالها الموجية.

فيكون:

$$(\propto_0)_r = A(n_r - 1) \quad \rightarrow (1)$$

$$(\propto_0)_b = A(n_b - 1) \quad \rightarrow (2)$$

حيث: A زاوية رأس المنشور الرقيق.

n_r معامل انكسار مادته للون الأحمر.

n_b معامل انكسار مادته للون الأزرق.

بالطرح نجد أن:

$$(\propto_0)_b - (\propto_0)_r = A(n_b - n_r) \quad \rightarrow (3)$$

يمثل الطرف الأيسر ما نسميه بالإنفراج الزاوى بين الشعاعين الأزرق والأحمر.

الانفراج الزاوى

الزاوية المحصورة بين الشعاعين الأزرق والأحمر بعد خروجهما من المنشور.

وبالنسبة للضوء الأصفر الذى يتوسط اللونين الأزرق والأحمر تكون زاوية انحرافه فى المنشور الرقيق.

$$(\propto_0)_y = A(n_y - 1) \quad \rightarrow (4)$$

وحيث أن $(\propto_0)_y$ هى متوسط $(\propto_0)_b$ و$(\propto_0)_r$ فيكون n_y هو متوسط n_b وn_r

*الانحراف المتوسط (زاوية انحراف اللون الأصفر):

هو متوسط زاويتى اللونين الأزرق والأحمر.

$$(\propto_0)_y = \frac{(\propto_0)_b + (\propto_0)_r}{2}$$

* **معامل الانكسار المتوسط:**

(معامل انكسار اللون الأصفر) متوسط معاملى انكسار اللونين الأزرق والأحمر.

$$n_y = \frac{n_b + n_r}{2}$$

وبقسمة (3) على (4) نجد أن:

$$\omega_\alpha = \frac{(\alpha_0)_b - (\alpha_0)_r}{(\alpha_0)_y} = \frac{n_b - n_r}{n_y - 1}$$

وتسمى ω_α **بقوة التفريق اللونى**، وكما نرى تتوقف على معاملات انكسار الألوان الأزرق والأحمر والأصفر ولا تتوقف على زاوية رأس المنشور وبالتالى فهى تعتمد على نوع مادة المنشور فقط.

قوة التفريق اللونى

هى النسبة بين الانفراج الزاوى بين الشعاعين الأزرق والأحمر والانحراف المتوسط.

العوامل التى تتوقف عليها قوة التفريق اللونى

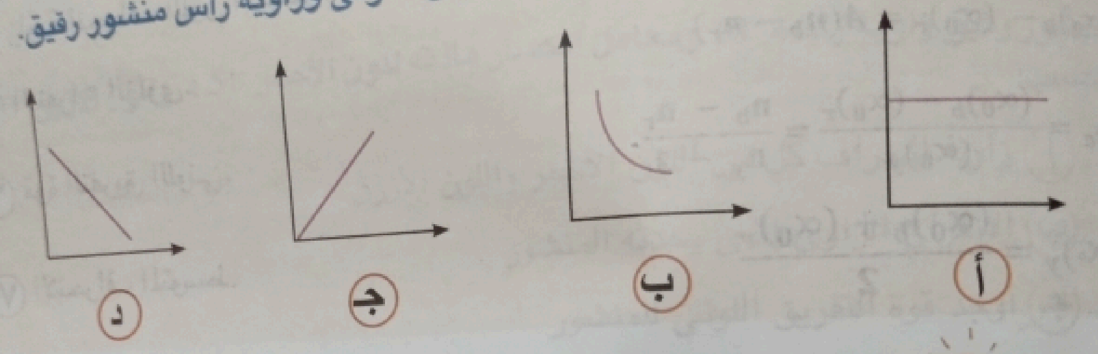
من العلاقة الآتية:

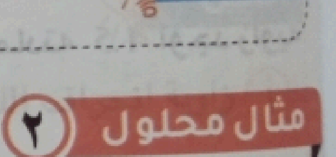
$$\omega_\alpha = \frac{(\alpha_0)_b - (\alpha_0)_r}{(\alpha_0)_y} = \frac{n_b - n_r}{n_y - 1}$$

نجد أن قوة التفريق اللونى تتوقف على معاملات الانكسار ولا تتوقف على زاوية رأس المنشور

مثال محلول ١

الشكل الذى يعبر عن العلاقة بين قوة التفريق اللونى وزاوية رأس منشور رفيق.





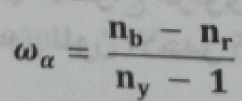
الحل قوة التفريق اللونى لا تتوقف على زاوية رأس المنشور وبالتالى الإجابة (أ).

مثال محلول ٢

قوة التفريق اللونى تعتمد على........

(أ) شكل المنشور
(ب) نوع مادة المنشور
(جـ) زاوية رأس المنشور
(د) ارتفاع المنشور

الحل



$$\omega_\alpha = \frac{n_b - n_r}{n_y - 1}$$

قوة التفريق اللونى تتوقف على معامل انكسار مادة المنشور والتى تتوقف على نوع المادة المصنوع منها المنشور وبالتالى الإجابة (ب).



1 قوانين وتعويضات مباشرة

① زاوية الانحراف. $\alpha_0 = A(n-1)$

② زاوية انحراف اللون الأحمر. $(\alpha_0)_r = A(n_r - 1)$

③ زاوية انحراف اللون الأزرق. $(\alpha_0)_b = A(n_b - 1)$

④ زاوية انحراف اللون الأصفر. $(\alpha_0)_y = A(n_y - 1)$

⑤ الانفراج الزاوى. $(\alpha_0)_b - (\alpha_0)_r = A(n_b - n_r)$

⑥ قوة التفريق اللونى. $\omega_\alpha = \frac{(\alpha_0)_b - (\alpha_0)_r}{(\alpha_0)_y} = \frac{n_b - n_r}{n_y - 1}$

⑦ الانحراف المتوسط. $(\alpha_0)_y = \frac{(\alpha_0)_b + (\alpha_0)_r}{2}$

مثال محلول ①

منشـــور رقيق من الزجاج زاوية رأســه 4 درجات ومعامل انكسار مادته 1.5 أوجد زاوية انحراف الضوء المار خلاله.



$$\alpha_0 = A(n-1) = 4(1.5-1) = 2^\circ$$

مثال محلول ②

منشور رقيق زاوية رأســه 8° احسب الانفراج الزاوى بين اللون الأحمر واللون البنفسجى علما بأن معامل انكسار مادة المنشور للون الأحمر 1.5 وللــون البنفسجى 1.7.



$$(\alpha_0)_V - (\alpha_0)_r = A(n_V - n_r) = 8(1.7 - 1.5) = 1.6^\circ$$



منشور رقيق زاوية رأسه 10° ومعامل انكسار مادته للون الأحمر 1.6، وللون الأزرق 1.65. احسب قوة التفريق اللونى للمنشور.



$$n_y = \frac{n_b + n_r}{2} = \frac{1.65 + 1.6}{2} = 1.625$$

$$\omega_\alpha = \frac{n_b - n_r}{n_y - 1} = \frac{1.65 - 1.6}{1.625 - 1} = 0.08$$

مثال محلول (٤)

منشور رقيق زاوية رأسه 10° ومعامل انكسار مادته للون الأحمر 1.51 وللون الأزرق 1.53 احسب:

(أ) زاوية انحراف كل من اللون الأحمر واللون الأزرق

(ب) الانفراج الزاوى الذى يحدثه المنشور

(جـ) أوجد قوة التفريق اللونى للمنشور

الحل

(أ) زاوية انحراف اللون الأحمر:

$$(\alpha_0)_r = A(n_r - 1) = 10(1.51 - 1) = 5.1^{\circ}$$

زاوية انحراف اللون الأزرق:

$$(\alpha_0)_b = A(n_b - 1) = 10(1.53 - 1) = 5.3^{\circ}$$

(ب) الانفراج الزاوى الذى يحدثه المنشور:

$$(\alpha_0)_b - (\alpha_0)_r = 5.3 - 5.1 = 0.2^{\circ}$$

(جـ) قوة التفريق اللونى للمنشور:

$$n_y = \frac{n_b + n_r}{2} = \frac{1.53 + 1.51}{2} = 1.52$$

$$\omega_\alpha = \frac{n_b - n_r}{n_y - 1} = \frac{1.53 - 1.51}{1.52 - 1} = 0.038$$

2 منشور رقيق غمر فى سائل

نطبق قانون المنشور الرقيق مع استبدال معامل الانكسار المطلق لمادة المنشور (n) فى القوانين بمعامل الانكسار النسبى من السائل إلى المنشور ($\frac{n_{\text{المنشور}}}{n_{\text{السائل}}}$ = المنشور n السائل).

ليصبح القانون:

زاوية الانحراف

$$\alpha_0 = A\left(\frac{n_{\text{منشور}}}{n_{\text{سائل}}} - 1\right)$$

مثال محلول (١)

منشور رقيق من الزجاج معامل انكسار مادته 1.5 عند غمره فى الماء فإنه يحرف الأشعة الساقطة عليه من الماء بزاوية قدرها درجة واحدة علما بأن معامل انكسار الماء $\frac{4}{3}$ فإن زاوية رأس المنشور تساوى........

(أ) 8° (ب) 9° (جـ) 7° (د) 6°



الحل

نفرض أن معامل انكسار الماء n_1، ومعامل انكسار المنشور n_2.

$${}_1n_2 = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1.5}{\frac{4}{3}} = \frac{9}{8}$$

$$\alpha_0 = A\,(n - 1)$$

$$\therefore 1 = A\left(\frac{9}{8} - 1\right) = \frac{A}{8} \qquad \therefore A = 8^\circ$$

الإجابة الصحيحة (أ)

3 إذا وضع منشورين رقيقين متجاورين

① **إذا كان المنشورين لهما نفس الوضع:** تكون زاوية الانحراف الكلية للضوء عند مروره في المنشورين بالتتابع تساوى:

$$\alpha_{0_t} = \alpha_{0_1} + \alpha_{0_2}$$

② **إذا كان المنشورين متعاكسين:** تكون زاوية الانحراف الكلية للضوء عند مروره في المنشورين بالتتابع تساوى:

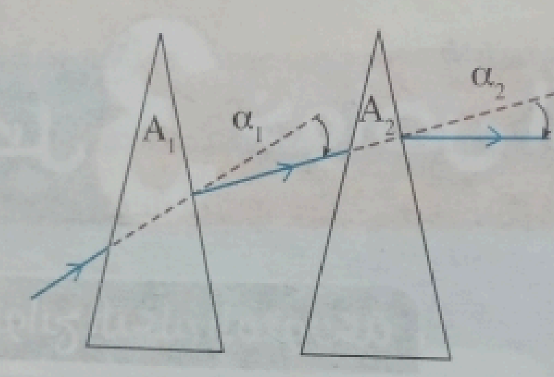
$$\alpha_{0_t} = \alpha_{0_1} - \alpha_{0_2}$$

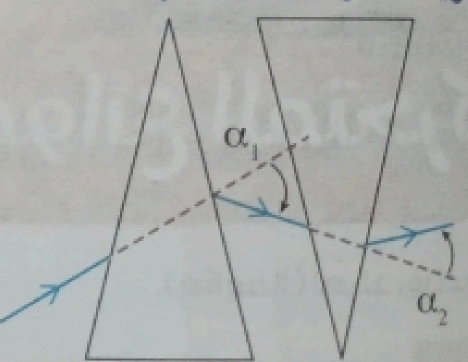
مثال محلول ١

منشوران رقيقان A و B عند وضع قاعدتهما معا على خط واحد فإنهما يصنعان معا زاوية انحراف = 5.

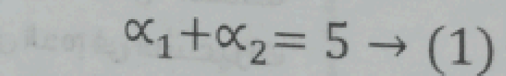
وعند عكس المنشور B فإنهما يصنعان زاوية انحراف = 1.

اوجد زاوية انحراف كلا منهما.





$\alpha_0 = \alpha_{01} + \alpha_{02}$ $\quad$ $\alpha_0 = \alpha_{01} - \alpha_{02}$



الحل

$$\alpha_1 + \alpha_2 = 5 \rightarrow (1)$$

$$\alpha_1 - \alpha_2 = 1 \rightarrow (2)$$

بالجمع:

$$2\,\alpha_1 = 6$$

$$\alpha_1 = 3$$

بالتعويض فى (1):

$$\alpha_2 = 2$$

الوحدة الثانية

خـواص الموائــع



الفصل 3 خواص الموائع المتحركة

نواتج التعلم المتوقعة

في نهاية الفصل الثالث تكون قادر على أن:

١ - معرفـة تطبيقـات حياتيـة علـى معادلـة الاستمرارية مثل سريان الدم في الشعيرات الدموية أو فتحات مواقد الغاز وغيرها.

٢ - معرفـة الفـرق بين المـواد من حيـث لزوجتها والتي تجعل كل مادة لها استخدامات مختلفة كاستخدام الزيوت في التزييت والتشحيم.

٣ - معرفة بعض التطبيقـات التي تتعلق باللزوجة كموضوعـات سـرعة ترسـيب واستهلاك الوقود.

الدرس الأول

- السريان الهادئ والمضطرب

الدرس الثاني

- اللزوجة



الفصل
3

الدرس الأول

السريان الهادئ والمضطرب

* **توجد المواد فى الطبيعة فى ثلاث حالات:**

١ مواد صلبة. ٢ مواد سائلة. ٣ مواد غازية.

◉ **المواد الصلبة** (مثل: الزجاج - الخشب) تتخذ شكلًا محدداً، لذا يطلق عليها (الجوامد). بينما **المواد السائلة** (مثل الماء) **والغازية** (مثل الهواء) لا تتخذ شكلًا محدداً بل تتخذ شكل الإناء الموضوعة فيه، لذا يطلق عليها (الموائع).

المائع

أى مادة قابلة للانسياب، ولا تتخذ شكلًا محدداً.

يوجد نوعان من الموائع:

١ الموائع السائلة، ومن خصائصها:

1 - لها حجم معين. 2 - حركتها انسيابية. 3 - غير قابلة للإنضغاط.

٢ الموائع الغازية، ومن خصائصها:

1 - تشغل أى حيز توجد فيه وتتخذ حجمه. 2 - قابلة للإنضغاط بسهولة.

كثافة المادة

- يعبر عن خارج قسمة كتلة أى جسم على حجمه بكثافة مادة الجسم.
- تتعين الكثافة من العلاقة: $\rho = \frac{m}{V}$

حيث (m) هى كتلة الجسم، (V) حجم الجسم،
وتقاس الكثافة بوحدة (kg/m^3).

الكثافة
كتلة وحدة الحجوم من المادة.

الموائع المتحركة

يقصد بها دراسة تحرك السوائل أو الغازات فى الأنابيب. وللموائع المتحركة عدة خصائص منها: السريان واللزوجة.

السريان Flow

يسرى المائع فى الأنابيب بطريقتين:

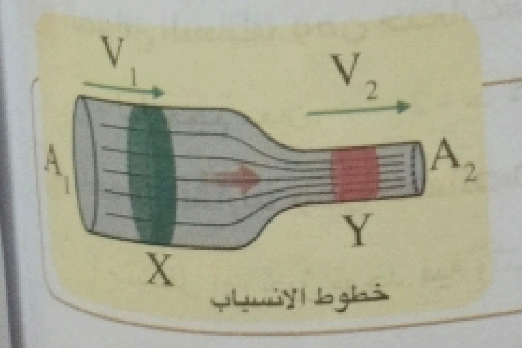
① السريان الهادئ. ② السريان المضطرب.

أولاً: السريان الهادئ (المستقر):

عندما يتحرك سائل ما بحيث تنزلق طبقاته المتجاورة فوق بعضها فى نعومة ويسر، يقال أن هذا السائل يسرى سرياناً طبقياً أو انسيابياً وهو ما يطلق عليه السريان الهادئ أو (المستقر) أو (الطبقى).

السريان الهادئ
سريان السائل بسرعات صغيرة بحيث تنزلق طبقاته المتجاورة فى نعومة ويسر.

وتتخذ فيه كل كمية صغيرة من السائل مساراً متصلاً يسمى خط الانسياب. لذا فإن حركة أجزاء السائل المختلفة فى الأنبوبة يمكن تصويرها برسم مجموعة من خطوط الانسياب، كما فى الشكل المقابل.



خطوط الانسياب

خط الانسياب:
خط وهمى يوضح المسار الذى يتخذه أى جزء صغير من السائل أثناء سريانه داخل الأنبوبة سرياناً مستقراً.

خصائص خطوط الانسياب

١ خطوط وهمية لا تتقاطع مع بعضها.

٢ المماس عند أى نقطة على خط الانسياب يحدد اتجاه السرعة اللحظية لجزىء السائل عند تلك النقطة.

٣ تتخذ مقياساً لسرعة ومعدل سريان السائل.

٤ تتزاحم خطوط الانسياب (تزداد كثافتها) فى السرعات العالية وتتباعد (تقل كثافتها) فى السرعات المنخفضة. وذلك لأن سرعة سريان السائل عند نقطة تتحدد بكثافة خطوط الانسياب عند تلك النقطة وبالتالى تزداد سرعة المائع عند أى نقطة داخل الأنبوبة بزيادة كثافة خطوط الانسياب عند تلك النقطة وتقل بنقص كثافة خطوط الانسياب.

كثافة خطوط الانسياب

تُقدر بعدد خطوط الانسياب التى تمر عمودياً على وحدة المساحات عند تلك النقطة.

شروط السريان الهادئ (المستقر):

١ يكون معدل سريان السائل ثابت على طول مساره.

لأن السائل غير قابل للانضغاط وكثافته لا تتغير مع المسافة أو الزمن، وبالتالى تكون كمية السائل التى تدخل إلى الأنبوبة عند أحد طرفيها مساوية لكمية السائل التى تخرج منها عند الطرف الآخر فى نفس الزمن.

٢ أن تبقى سرعة سريان المائع عند النقطة الواحدة فى الأنبوبة ثابتة على طول مساره ولا تتغير مع الزمن.

٣ أن يكون السريان غير دوار، أى لا توجد دوامات.

٤ عدم وجود قوى احتكاك مؤثرة بين طبقات السائل.



معدل (سرعة) سريان مائع عند نقطة فى أنبوبة (Q)

يوجد نوعين من معدل السريان

معدل سريان حجمى

معدل سريان كتلى

معدل السريان الحجمى (Q_V)

حجم المائع المنساب خلال مقطع معين من أنبوبة سريان مستقر فى وحدة الزمن.

يتعين من العلاقة: $Q_v = \frac{VoL}{t}$

ويقاس بوحدة m^3/s

معدل السريان الكتلى (Q_m)

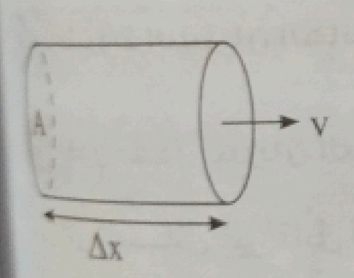
كتلة المائع المنساب خلال مقطع معين من أنبوبة سريان مستقر فى وحدة الزمن.

يتعين من العلاقة: $Q_m = \frac{m}{t}$

ويقاس بوحدة kg/s

* حساب معدل السريان الحجمى والكتلى عند أى مساحة مقطع:

◉ بفرض كمية من السائل كثافتها (ρ) وحجمها (VoL) وكتلتها (m) تسرى فى أنبوبة سريان بسرعة (v) لتتحرك مسافة (Δx) فى زمن (Δt) خلال مقطع من الأنبوبة مساحته (A) كما بالشكل.



• من تعريف معدل السريان الحجمى:

$$Q_V = \frac{\Delta VoL}{\Delta t}$$

$$\because \ \Delta VoL = A\Delta x = Av\Delta t$$

$$\therefore Q_V = \frac{Av\Delta t}{\Delta t}$$

$$\therefore Q_V = Av$$

• من تعريف معدل السريان الكتلى:

$$Q_m = \frac{\Delta m}{\Delta t}$$

$$\because \Delta m = \rho \Delta VoL = \rho A v \Delta x = \rho A v \Delta t$$

$$\therefore Q_m = \frac{\rho A v \Delta t}{\Delta t}$$

$$\therefore Q_m = \rho A v = \rho Q_V$$

وحيث أن كمية السـائل التى تدخل الأنبوبة = كمية السـائل التى تخرج فى نفس الزمن، فإن معدل السريان (سـواء الحجمى أو الكتلى) مقدار ثابت عند أى مساحة مقطع، وفقاً لقانون بقاء الكتلة.

العلاقة بين سرعة السائل ومساحة مقطع الأنبوبة

(معادلة الإستمرارية)

استنتاج معادلة الإستمرارية

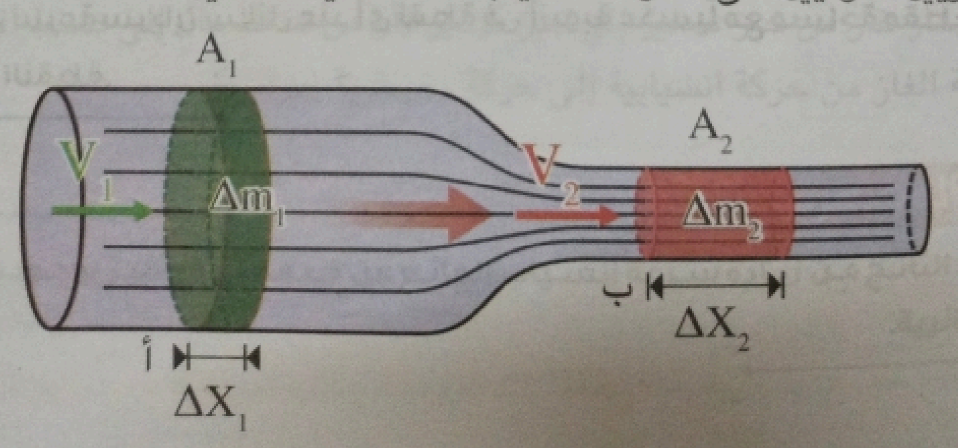
نتصور أنبوبة يسرى بها سائل سرياناً مستقراً أو هادئاً، أى تتحقق به الشروط التالية:

١ يملأ السائل الأنبوبة تماماً.

٢ تكون كمية السـائل التى تدخل الأنبوبة عند أحد طرفيها مسـاوية لكمية السائل التى تخرج منها عند الطرف الآخر فى نفس الزمن.

٣ لا تتغير سرعة سريان السائل عند أى نقطة فى الأنبوبة مع الزمن.

بفرض مستويين عموديين على خطوط الانسياب عند مقطعين مختلفين:



• **عند المقطع الأول:** مساحة المقطع (A_1) ونفرض أن سرعة السائل هى (v_1) فيكون:

معدل السريان الحجمى: $Q_V = A_1 v_1$،

ومعدل السريان الكتلى: $Q_m = \rho A_1 v_1$

• **عند المقطع الثانى:** مساحة المقطع (A_2) ونفرض أن سرعة السائل هى (v_2) فيكون:

معدل السريان الحجمى: $Q_V = A_2 v_2$،

ومعدل السريان الكتلى: $Q_m = \rho A_2 v_2$

وحيث أن كل من معدل الانسياب الحجمى والكتلى ثابت فى حالة السريان الهادئ:

$$\therefore \rho A_1 v_1 = \rho A_2 v_2 \quad , \quad \therefore A_1 v_1 = A_2 v_2$$

$$\therefore \frac{v_1}{v_2} = \frac{A_2}{A_1}$$

وتسمى المعادلة السابقة «بمعادلة الإستمرارية» أو «معادلة الاتصال».

وعلى ذلك ينســاب السائل فى الأنبوبة ببطء شديد عندما تكون مساحة مقطعها كبير، وينساب بسرعة عندما يكون مساحة مقطعها صغير.

معادلة الإستمرارية «الاتصال»

تتناسب سرعة سريان سائل عند أى نقطة فى أنبوبة عكسياً مع مساحة مقطع الأنبوبة عند تلك النقطة.

تطبيقات على معادلة الاستمرارية

١ سريان الدم فى الشرايين والشعيرات المتفرعة منها:

مجموع مساحات مقاطع الشعيرات الدموية فى أجسام الكائنات الحية أكبر من مساحة مقطع الشريان الرئيسي، وبالتالى فإن سرعة سريان الدم فى الشعيرات الدموية أقل بكثير مـن سرعته فى الشريان الرئيسي، وهذا يتيح حـدوث عملية تبادل غازى الأكسجين وثانى أكسيد الكربون فى الأنسجة وتزويدها بالمواد الغذائية لأن سرعة الدم بالشعيرات بطيئة جدا (وهنا تتجلى قدرة الله عز وجل).

٢ تصميم فتحات الغاز فى مواقد الغاز:

تـصمم فتحات الغاز بحيث تكون مسـاحتها صغيرة، حتى يندفـع الغاز منها بسرعات عالية.

٣ خرطوم عربات الإطفاء:

تصمم بحيث تكون مسحوبة من الأمام حتى تزداد سرعة اندفاع الماء من فوهة الخرطوم

ثانياً: السريان المضطرب (الدوامى):

يتحول السريان الهادئ لمائع (سائل أو غاز) إلى سريان مضطرب إذا:

1 - زادت سرعة انسياب المائع عن حد معين، فتتكون دوامات نتيجة تدفق المائع بعنف.

2 - انتشـار غاز من حيز صغير إلى حيز كبـير (أو من ضغط عالٍ إلى ضغط أقل) فتتحول حركة الغاز من حركة انسيابية إلى حركة مضطربة (دوامية).

السريان المضطرب

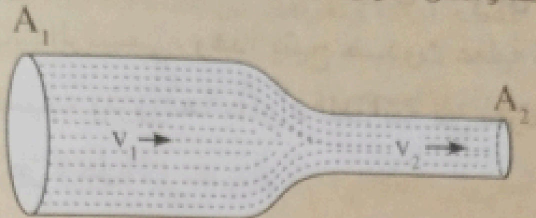
السريان الناتج من زيادة سرعة انسياب المائع عن حد معين ويتميز بوجود دوامات صغيرة دائرية.

فكرة وتطبيق

1 القيم الثابتة والقيم المتغيرة في السريان الهادئ

توجد خمسة قيم هامة عند دراسة السريان الهادئ.

ثلاثة منها قيمتهما دائما ثابتة واثنان آخران قيمتهما تتناسب عكسيا مع مساحة مقطع الأنبوبة.



١- **معدل السريان:** ثابت على طول الانبوبة مهما تغيرت مساحة مقطع الأنبوبة.

٢- **سرعة السريان:** تتغير سرعة السائل عكسيا بتغير مساحة مقطع الأنبوبة، فتزداد السرعة بنقص مساحة مقطع الأنبوبة.

٣- **كثافة خطوط الانسياب:** تتغير كثافة خطوط الانسياب عكسيا بتغير مساحة مقطع الأنبوبة فتزداد بنقص مساحة مقطع الأنبوبة. ولذلك فهى تعبر عن سرعة السريان أي أنه كلما زادت كثافة خطوط الانسياب كان ذلك دليلا على زيادة سرعة السائل.

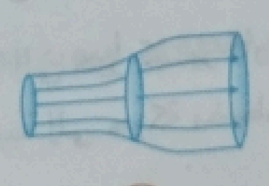
٤- **عدد خطوط الانسياب:** ثابت على طول الأنبوبة مهما تغيرت مساحة مقطع الأنبوبة حيث أن كمية الماء التى تدخل من طرف تساوى كمية الماء التى تخرج من الطرف الآخر.

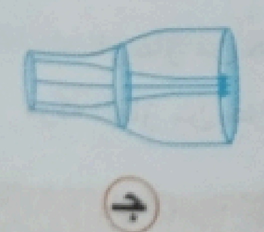
٥- **كثافة السائل:** ثابتة لا تتغير بتغير المساحة أو السرعة.

مثال محلول (١)

الشكل المعبر عن خصائص خطوط الانسياب هو......





ب


جـ



الشكل (ب) هو الصحيح حيث تتزاحم الخطوط عند المقطع الصغير وتتباعد عند المقطع الواسع

مثال محلول (٢)

إذا زادت مساحة مقطع أنبوبة فى السريان الهادئ فإن معدل السريان الحجمى...

(أ) يزداد (ب) يقل (جـ) يبقى ثابت (د) ينعدم

الحل

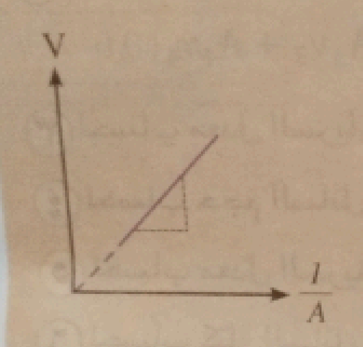
عند زيادة المساحة تقل السرعة وبالتالى يظل معدل السريان ثابت. **فتكون الإجابة (جـ)**

2 العلاقة البيانية لمعادلة الإستمرارية

حيث أن العلاقة عكسية بين سرعة السائل ومساحة مقطع الأنبوبة ($V \propto \frac{1}{A}$)

فعند رسم العلاقة البيانية بين السرعة ومساحة المقطع نحصل على خط مستقيم ميله هو معدل السريان الحجمى.

$\therefore$ **slope = Av = Q_V**



مثال محلول (١)

وصل خرطوم من المطاط بفوهة صنبور ينساب منه الماء انسيابا هادئاً، فسر لماذا تقل مساحة مقطع عمود الماء المنساب من الخرطوم عندما توجه فوهته رأسيا لأسفل بينما تزداد مساحة مقطعه عندما توجه فوهته رأسيا لأعلى.

الحل



عندما توجه فوهة الخرطوم لأسفل: يتحرك الماء المنساب فى اتجاه عجلة الجاذبية فتزداد سرعته من لحظة لأخرى أثناء السقوط، لذلك تقل مساحة مقطع الماء.

أما عندما توجه فوهة الخرطوم لأعلى: يتحرك الماء المنساب ضد عجلة الجاذبية الأرضية فيتحرك بعجلة تقصيرية وتقل سرعته من لحظة لأخرى، لذلك تزداد مساحة مقطع الماء «أساس عمل النافورة».

أفكـار المسائل
Open book

1 قوانين وتعويضات مباشرة

(١) إذا تفرع السائل المار فى أنبوبة إلى عدة فروع متساوية فى مساحة المقطع وعددها (n) فإن:

$A_1v_1 = n A_2v_2$ ، $r_1^2 v_1 = n r_2^2 v_2$

(٢) أما إذا كانت الفروع غير متساوية فى مساحة المقطع فإن:

$A_1v_1 = A_2v_2 + A_3v_3 + A_4v_4$ ، $r_1^2 v_1 = r_2^2 v_2 + r_3^2 v_3 + r_4^2 v_4$

(٣) لحساب معدل السريان الحجمى: $Q_v = A v = \pi r^2 v$

(٤) لحساب حجم السائل المنساب فى زمن معين: $Vol = Q_v t = A v t = \pi r^2 v t$

(٥) لحساب معدل السريان الكتلى: $Qm = Q_v \rho = A v\rho = \pi r^2 v\rho$

(٦) لحساب كتلة السائل المنساب فى زمن معين: $M = Q_v \rho t = A v\rho t = \pi r^2 v\rho t$

مثال محلول (١)

انبوبة مياه تدخل منزلاً نصف قطرها 1.5 سم وسرعة جريان الماء بها 0.2 م / ث وإذا أصبح نصف قطر الأنبوبة عند نهايتها 0.5 سم فاحسب كلاً من:

1 – سرعة الماء عند الطرف الضيق.

2 – حجم الماء المنساب فى الدقيقة عند أى مقطع فيها $(\pi = 3.14)$.



$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$
$$\pi r_1^2 v_1 = \pi r_2^2 v_2$$
$$(1.5 \times 10^{-2})^2\, 0.2 = (0.5 \times 10^{-2})^2 v_2 \qquad V_2 = 1.8 \text{ m/s}$$
$$Vol = \pi r_1^2 v_1 t = 3.14 \times (1.5 \times 10^{-2})^2 \times 0.2 \times 60 = 84.78 \times 10^{-4}\, m^3$$

مثال محلول ٢

شريان رئيسى يتدفق فيه الدم بسرعة 0.08 م / ث يتفرع إلى 128 شعيرة دموية قطر كل منها $\frac{1}{8}$ قطر الشريان احسب سرعة الدم فى كل شعيرة.

(الأزهر 2010)



الحل

$$r_1^2 v_1 = n\, r_2^2 v_2$$

$$r_1^2 \times 0.08 = 128 \times \left(\frac{1}{8}\right)^2 \times r_1^2 \times v_2$$

$$v_2 = 0.04 \text{ m / s}$$



الفصل 3

الدرس الثانى

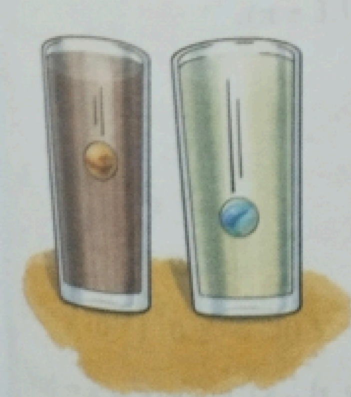
اللزوجـــة

يمكن ادراك معنى اللزوجه مما يلى:

١) عند صب حجمين متساويين من الماء والجلسرين فى قمعين متماثلين وقياس سرعة الانسياب نجد أن سرعة انسياب الماء تكون أكبر منها للجلسرين.

٢) إذا كان لدينا كأســان متماثلان يحويان حجمين متســاويين من الماء والعسل نلاحظ أنه عند تقليب كل من الســائلين بســاق زجاجيـــة، نجد أن حركة الساق فى الماء تكون أسهل، وهذا يعنى أن مقاومة الماء لحركة الســاق أقل من العســل، كما يستمر الماء فى الحركة لمدة أطول بعد رفع الساق.

٣) عند إســقاط كرتين معدنيتين متماثلتين كل منهما على حدة فى مخباريــن متماثلين بهما حجمان متســاويان من الماء والجلسرين، وحســاب الزمــن الذى تســتغرقه كل منهما للوصول للقاع.



نجـد أن الزمــن فى حالة الماء يكون أقــل، وهذا يعنى أن الجلسرين يقاوم حركة الكرة خلاله أكبر من الماء.

مما سبق يمكن استخلاص الآتي:

١ بعض السوائل مثل الكحول والماء تكون قابليتها للانسياب والحركة كبيرة في حين تكون مقاومتها لحركة الأجسام فيها صغيرة، ويقال أن هذه السوائل ذات لزوجة صغيرة.

٢ بعض السوائل مثل الجليسرين والعسل تكون قابليتها للانسياب والحركة صغيرة في حين تكون مقاومتها لحركة الأجسام فيها كبيرة، ويقال أن هذه السوائل ذات لزوجة عالية.

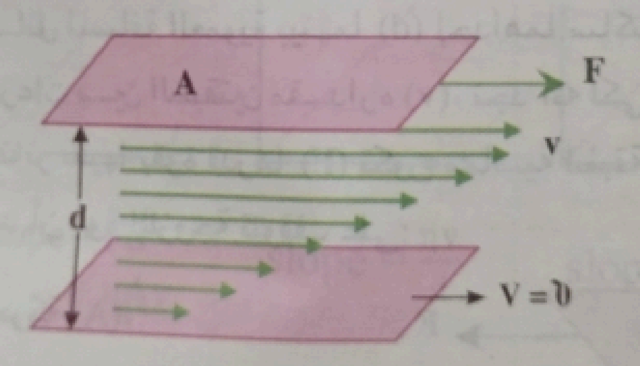
لزوجة المواد

اللزوجة خاصية تشترك فيها الأجسام الصلبة والسوائل والغازات، ويرجع اختلافهم فى اللزوجة إلى اختلاف قوى التجاذب بين جزيئات المادة:

> **خاصية اللزوجة**
>
> **الخاصية التى تتسبب فى وجود مقاومة أو احتكاك بين طبقات السائل بحيث تعوق انزلاق بعضها فوق البعض.**

تدرج السرعة بين طبقات سائل ينساب

١ نتصور كمية من سائل محصورة بين لوحين مستويين، أحدهما سفلى ساكن، أما اللوح العلوى الآخر فيتحرك بسرعة (v) كما فى الشكل المقابل.



٢ نتصور السائل مكونا من عدة طبقات رقيقة.

٣ طبقة السائل الملاصقة للوح السفلى الساكن تبدو ساكنة عديمة الحركة، وبالتالى تكون سرعة الطبقة السفلى من السائل = صفر.

٤ طبقة السائل الملاصقة للوح العلوى تتحرك بنفس سرعته (v).

٥ تتحرك طبقات السائل بين اللوحين بسرعات تتدرج من صفر إلى (v) فى الاتجاه من اللوح الساكن إلى اللوح المتحرك.

تفسير خاصية اللزوجة

١ توجد قوى احتكاك بين السطح المستوى للوح السفلى وطبقة السائل الملاصقة له، تنشأ بسبب الالتصاق بين جزيئات السطح السفلى الصلب وجزيئات طبقة السائل الملاصقة له. وتعمل هذه القوة على إعاقة انسياب طبقة فتبدو ساكنة عديمة الحركة وتكون **سرعتها = صفر**.

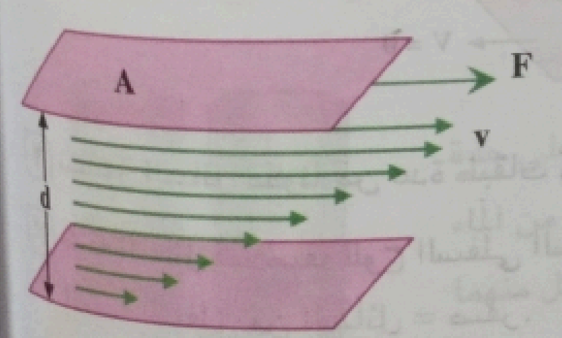
٢ طبقة السائل الملامسة للوح العلوى تتأثر أيضا **بقوى التصاق** تجعلها تتحرك بنفس سرعة اللوح العلوى (v).

٣ **نتيجة للتماسك** بين جزيئات السائل تعمل كل طبقة على مقاومة حركة الطبقة التى فوقها لأنها أسرع منها، بينما تعمل على زيادة سرعة الطبقة التى تحتها لأنها أبطأ منها، لذا ينشأ بين طبقات السائل قوى شبيهة بقوى الاحتكاك تعوق قابلية السائل للانسياب وقدرته على الحركة، مما ينشأ عنه فرق نسبى فى السرعة بين كل طبقة والتى تجاورها.

٤ ويسمى هذا النوع من السريان **(السريان الطبقى) أو (السريان اللزج)**.

استنتاج معامل اللزوجة لسائل

- بفرض طبقتين من سائل المسافة العمودية بينهما (d) إحداهما ساكنة والأخرى متحركة بحيث يوجد فرق فى السرعات بين الطبقتين مقداره (v)، نجد أنه لكى تحتفظ الطبقة المتحركة بسرعة ثابتة، لابد أن تؤثر عليها بقوة قدرها (F) تكون مماسية لطبقة السائل المتحركة وتسمى **(قوة اللزوجة)** وقد وجد أن قوة اللزوجة تتوقف على:



1 - مساحة الطبقة المتحركة (A)،

2 - فرق السرعة بين طبقتين من السائل (v)،

3 - المسافة الفاصلة بين الطبقتين (d).

$$F \propto A \quad , \quad F \propto V \quad , \quad F \propto \frac{1}{d}$$

أى أن قوة اللزوجة تتناسب طردياً مع السرعة وطردياً مع مساحة اللوح المتحرك.

$$F = \eta_{vs} \times \frac{Av}{d} \quad \Leftarrow \quad F \propto \frac{Av}{d}$$

حيث η_{vs} هى ثابت التناسب وتسمى «معامل اللزوجة للسائل»

معامل اللزوجة لسائل (η)

- يساوى عدديا القوة المماسية المؤثرة على وحدة المساحات من السائل وينتج عنه فرق فى السرعة مقداره الوحدة بين طبقتين من السائل المسافة العمودية بينهما الوحدة.

- **وحدات قياس معامل اللزوجة:**

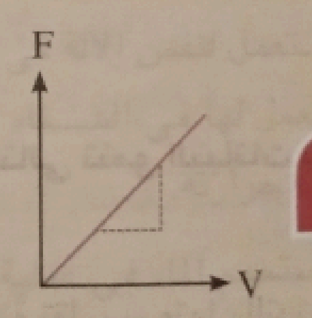
هى نيوتن ث/ متر٢ $(N.s/m^2)$ وتساوى كجم. م$^{-1}$. ث$^{-1}$ $(kg/m.s)$

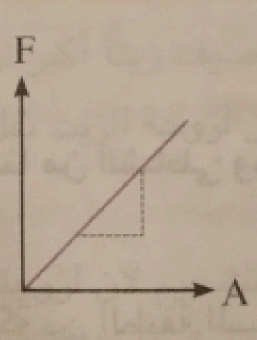
وتساوى أيضا باسكال. ثانية.

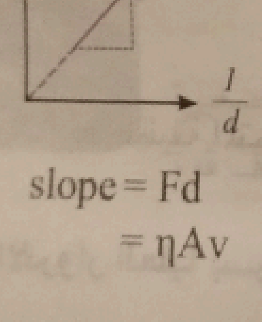
فكرة وتطبيق

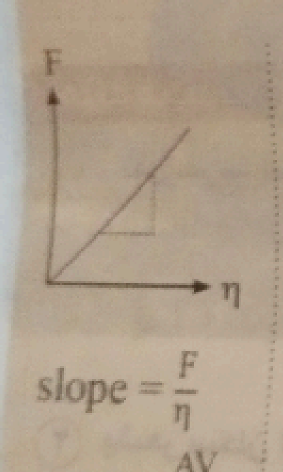
1 العوامل التى تتوقف عليها قوة اللزوجة

العلاقة البيانية



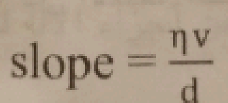








$$slope = \frac{\eta A}{d}$$



- **العوامل التى تتوقف عليها معامل اللزوجة:**

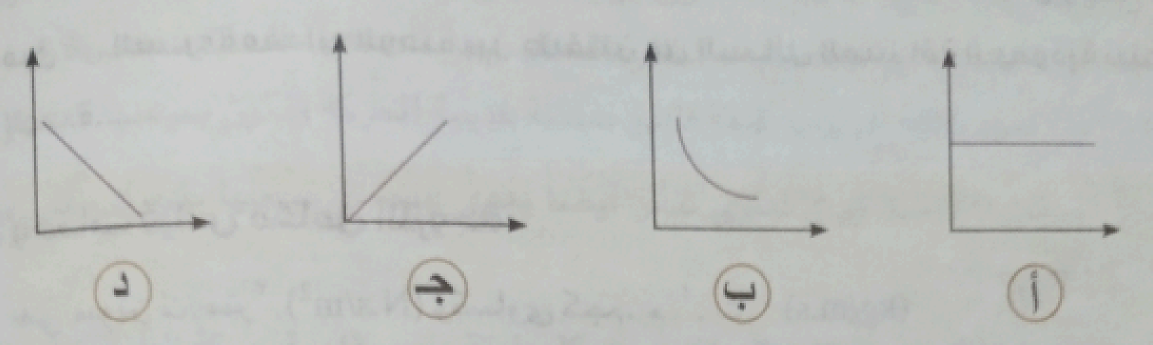
١. **نوع المائع (سائل أو غاز):** لكل سائل لزوجة معينة.

٢. **درجة حرارة المائع:** تقل لزوجة المائع بارتفاع درجة حرارته.

لا تتوقف على مساحة مقطع السائل أو سمك طبقة السائل او غيرها

مثال محلول (١)

الشكل الذى يعبر عن العلاقة بين معامل لزوجة سائل ومساحة مقطع السائل.



الحل

معامل اللزوجة لا يتوقف على مساحة مقطع طبقة السائل. وبالتالى تكون الإجابة (أ)

2 كلما ابتعدنا عن الطبقة الساكنة تزداد السرعة والعكس صحيح.

أمثلة محلولة

(١) تقل سرعة أمواج البحر كلما اقتربنا من الشاطئ وبالتالى تنمو النباتات بالقرب من الشاطئ:

◀ لأنه كلما اقتربت الطبقة المتحركة من الطبقة الساكنة تقل سرعتها بالتدريج.

(٢) يشعر سكان الأدروار العليا بسرعة الرياح أكثر من سكان الأدوار السفلي:

◀ لأن الأدوار العليا بعيدة عن الأرض (طبقة الهواء الساكنة) فتزداد سرعة الهواء كلما ابتعدنا عن الأرض

3 الضغط الناشئ عن قوة اللزوجة

قوة اللزوجة هى قوة مماسية وبالتالى لا ينتج عنها ضغط لأن الضغط هو القوة العمودية المؤثرة عموديا على مساحة ما

تطبيقات على خاصية اللزوجة

أولا: تزييت وتشحيم الآلات المعدنية:

- **أسباب التزييت والتشحيم:** عند دوران الآلات المعدنية تتولد قوى احتكاك شديدة بين أجزائها المتلامسة وينشأ عن ذلك تولد كميات كبيرة من الحرارة تسبب تمدد بعض أجزاء الآلة وتاكلها.
- **الغرض من التزييت:** يجب تزييت وتشحيم الآلات من وقت لآخر للأسباب التالية:
  - انقاص كمية الحرارة المتولدة أثناء الاحتكاك بين أجزاء الآلة.
  - حماية أجزاء الآلة من التاكل وزيادة كفاءتها.
- **خواص الزيت اللازم للتزييت:** عند اختيار الزيت يجب مراعاة ما يلى:



1 - أن تكون لزوجته كبيرة حتى يظل ملتصقاً بأجزاء الآلة ولا ينساب بسرعة أثناء الحركة المستمرة لتلك الأجزاء فيقل الاحتكاك بين أجزاء الآلة.

2 - يستعمل لنفس الآلة فى الصيف زيتاً أكبر لزوجة مما يستعمل لها فى الشتاء لأن لزوجة الزيت تقل بارتفاع درجة حرارته.

3 - لا يستخدم الماء فى عملية التشحيم لأن لزوجته صغيرة فسرعان ما ينساب بعيداً عن أجزاء الآلة لضعف قوة التصاقه بها أثناء حركتها.

ثانيا: توفير استهلاك الوقود فى السيارة:

١- **فى السرعات الصغيرة نسبياً والمتوسطة للسيارة:** تكون مقاومة الهواء للأجسام المتحركة فيه والناتجة عن لزوجة الهواء (قوى الاحتكاك) تتناسب طردياً مع سرعة الاجسام المتحركة.

٢- **عند زيادة سرعة السيارة عن حد معين:** فإن مقاومة الهواء الناتجة عن لزوجته لا تتناسب مع سرعة الأجسام المتحركة فيه بل تتناسب مع مربع السرعة مما يؤدى إلى زيادة كبيرة فى استهلاك الوقود حتى يمكن بذل شغل كافى للتغلب على قوى الاحتكاك، لذا يلجأ قائد السيارة الخبير إلى الحد من سرعتها لتوفير استهلاك الوقود.

ثالثا: اختبار سرعة الترسيب فى الطب:

• عند سقوط كرة فى سائل لزج، تؤثر عليها ثلاث قوى هي:

1 - وزنها لأسفل.

2 - قوة دفع السائل لأعلى.

3 - قوة الاحتكاك بينها وبين السائل لأعلى نتيجة لزوجة السائل.

• وتتزايد سرعـــة الكرة حتى تصل إلى سرعة نهائية ثابتة نتيجة اتزان هذه القوى وتزداد قيمة السرعة النهائية للكرة بزيادة نصف قطرها.

◉ **تعريف اختبار سـرعة الترسـيب:** يقصد بهذا الاختبار قياس السرعة النهائية لســقوط كرات الدم الحمراء خلال سائل البلازما.

◉ **فائدة اختبـار سـرعة الترسـيب:** معرفة ما إذا كان حجــم كرات الدم طبيعيا أو غير طبيعي، وبالتالى يمكن عن طريق ذلك تشخيص بعض الامراض.

*** الأساس العلمى الذى بنى عليه:** تبنى فكرة عمله على ما يلى:

1 - يتم أخذ عينة من الدم وقياس سرعة ترسيبها.

2 - من المعروف أن كرات الدم الحمراء تســبح فى سائل البلازما وتتوقف سرعتها على لزوجة سائل البلازما.

3 - السرعة النهائية لســقوط كرات الدم الحمراء خلال البلازما تتناسب طرديا مع مربع نصف قطــر كــرة الدم أى أن($v \propto r^2$) فكلما كانت r كبيرة زادت سرعة الترســيب، لذا يستطيع الطبيب معرفة ما إذا كان حجم كرات الدم طبيعيا أم لا بقياس سرعة الترسيب.

أمثلة توضح فائدة اختبار سرعة الترسيب فى الدم:

١ فى بعــض الأمراض مثل الحمى الروماتيزمية وروماتــيزم القلب والنقرص تتلاصق كرات الدم الحمراء مع بعضها فيزداد حجمها وتزداد r وتزداد تبعا لذلك سرعة الترسيب.

٢ فى بعض أمراض فقر الدم (الأنيميا) تتكسر كرات الدم الحمراء ويقل حجمها وتنقص قيمة r فتقل سرعة الترسيب.



1 قوانين وتعويضات مباشرة

① لحساب قوة اللزوجة:

$$F = \eta_{vs} \times \frac{Av}{d}$$

② لحساب معامل اللزوجة:

$$\eta_{vs} = \frac{Fd}{Av}$$

مثال محلول ①

لوح مستوى مساحته 0.1 م٢ وضع على سطح مستو بحيث بفصل بينهما طبقة من الزيت سمكها 0.01 مم فإذا كان معامل اللزوجة للزيت 1.5 نيوتن ث / م٢ فاحسب القوة المماسية اللازمة لتحريك اللوح على السطح بسرعة ثابتة مقدارها 1 مم / ث؟



القوة اللازمة لتحريك اللوح بسرعة ثابتة يجب أن تساوى قوة اللزوجة (F)

$$F = \eta \times \frac{Av}{d}$$

$$F = \frac{1.5 \times 0.1 \times 1 \times 10^{-3}}{0.01 \times 10^{-3}} = 15\ N$$

2 تحريك لوح فى منتصف سائل أو بين طبقتين من سائل

نحسب قوة اللزوجة أعلى السائل وقوة اللزوجة أسفل السائل ثم نجمع القوتين:

$$F = F_1 + F_2$$

مثال محلول (١)

حوض به زيت إرتفاعه 8 سم ومعامل لزوجته 0.8 كجم / م ث إحسب القوة اللازمة لتحريك لوح طوله متر وعرضه نصف متر بسرعة افقية قدرها 2 م / ث إذا كان اللوح على السطح الخالص للزيت. وإذا كان الزيت فى الحوض مغطى بسطح صلب ويلامسه إحسب القوة اللازمة لتحريك نفس اللوح السابق:

1- فى منتصف الزيت. 2- على عمق 6 سم.

ثم احسب الضغط الناشئ عن القوة فى كل حالة مما مضى.



الحل

1- على السطح الخالص للزيت:

$$\because F = \eta_{vs} \frac{A \times v}{d}$$

$$\therefore F = \frac{0.8 \times 1 \times 0.5 \times 2}{8 \times 10^{-2}} = 10\ N$$

فى منتصف الزيت:

$$\because F = \eta_{vs} \frac{A \times v}{d}$$

$$\therefore F = 2 \times \frac{0.8 \times 1 \times 0.5 \times 2}{4 \times 10^{-2}} = 40\ N$$

2- عندما يكون اللوح على عمق 6 سم فيكون 6 سم من أعلى و2 سم من أسفل:

$$\therefore F = \frac{0.8 \times 1 \times 0.5 \times 2}{6 \times 10^{-2}} + \frac{0.8 \times 1 \times 0.5 \times 2}{2 \times 10^{-2}} = 53.33\ N$$

الضغط = صفر فى كل الحالات لأن قوة اللزوجة مماسية